III.

Experimenteller Beweis der Theorie, nach welcher der Vagus ein Bewegungsnerv des Herzens ist.

Von

E. Hufschmid und **Jac. Moleschott.**

„Neue und unerwartete Thatsachen auf neue und unbekannte Eigenschaften zu beziehen, hat nur selten die Wissenschaften gefördert."

Moritz Schiff.

Durch die Untersuchungen von Schiff und durch die spätere Arbeit von Moleschott ist bewiesen worden, dass schwache Reizung Eines Vagus ebenso sicher eine vermehrte Häufigkeit des Herzschlags hervorruft, wie es seit der Entdeckung von Ed. Weber und J. Budge feststeht, dass starke Reizung des Vagus das Herz vorübergehend zum Stillstand zwingen kann [1]).

[1]) Vergl. J. M. Schiff, Experimentelle Untersuchungen über die Nerven des Herzens, Archiv für physiologische Heilkunde, Jahrgang VIII (1849); — dieser Arbeit ist das Motto entnommen, welches wir unserer Abhandlung vorgesetzt haben, um Schiff's Priorität in ihrem vollen Umfang anzuerkennen; — ferner J. M. Schiff, Zur Physiologie der sogenannten Hemmungsnerven, im VI Bande dieser Zeitschrift, S. 201 u. folg.; Jac. Moleschott, Untersuchungen über den Einfluss der Vagus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags, ebendaselbst, Bd. VII, S. 401—468.

Seitdem haben Moleschott und Nauwerck gezeigt, dass sich der Sympathicus auf gleiche Weise zum Herzen verhält, wie der Vagus: schwache Reizung des Halsstamms des genannten Nerven vermehrt die Pulsfrequenz, starke Reizung setzt sie herab und ist im Stande einen vorübergehenden Stillstand des Herzens zu erzeugen [1]).

Moleschott hat für den Vagus dargethan, dass die vermehrte Häufigkeit des Herzschlags, welche schwache Reizung des genannten Nerven hervorbringt, nicht auf reflectorischem Wege entsteht, sondern durch directe Reizung in der Bahn des Vagus peripherisch zum Herzen verlaufender Fasern erzielt wird [2]). Und auch in dieser Beziehung lässt sich von dem Sympathicus das Gleiche wie vom Vagus aussagen [3]).

Die Richtigkeit der wichtigsten der kurz recapitulirten Sätze ist seitdem durch zahlreiche Erfahrungen, die wir in Gemeinschaft mit den Herren Gascard, Nauwerck und Schlatter gewonnen, bestätigt worden. Um unseren Lesern eine Vorstellung von der Sicherheit der Thatsache zu geben, dass eine richtig abgeschwächte Vagus-Reizung die Pulsfrequenz erhöht, mag hier zunächst eine Tabelle mitgetheilt werden, in welcher die Versuche eingetragen sind, welche Moleschott am 16. März d. J. seinen Zuhörern vormachte. Das Versuchsthier war ein Kaninchen, und der rechte Vagus lag, mit Hirn und Herz verbunden, auf den Elektroden. Die Versuche wurden nach den Methoden angestellt, die der eine von uns früher beschrieben, und wegen der Zeichensprache in den Tabellen ist auf denselben Ort zu verweisen [4]).

---

[1]) Jac. Moleschott und Rob. Nauwerck, Untersuchungen über den Einfluss der Sympathicus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags, in dem vorliegenden Bande dieser Zeitschrift, S. 36 u. folg.

[2]) Moleschott, a. a. O. S. 416, 417.

[3]) Moleschott und Nauwerck, a. a. O. S. 36.

[4]) Moleschott, a. a. O. S. 404—409.

Tabelle I.

Nummer d. Beobachtung.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1					Ruhe	51	103	157	209
2					„	51	102	155	206
3	1 Daniell, SO^3 10% [1]	28 C. M.	50 M.	20 M. M.	Reizung	51	101	153	205
4					Ruhe	46	92	138	184
5	„	„	100 „	„	Reizung	41	Ruhe		
6	„	„	20 „	„	„	49	100	149	201
7					Ruhe	46	94	141	187
8					„	47	94	140	186
9					„	47	95	142	188
10	„	„	10 „	„	Reizung	53	107	161	217
11	„	„	„	„	„	56	110	171	230
12					Ruhe	53	105	158	209
13					„	51	103	152	200
14					„	48	99	152	203
15	„	„	„	„	Reizung	53	106	163	220
16	„	„	„	„	„	56	113	170	227
17					Ruhe	53	106	168	213
18					„	51	104	157	210

Nach Erfahrungen, welche wir kurz vorher gemacht hatten, glaubten wir bei Einschaltung von 50 Widerstandseinheiten in die Nebenschliessung die Reizung hinlänglich abgeschwächt zu haben, um in ihrer Folge vermehrte Frequenz des Herzschlags zu beobachten. Da sie sich in No. 3 nicht einstellte, wandten wir in No. 5 eine etwas stärkere Reizung an (100 Widerstandseinheiten in der Nebenschliessung); indess gleich in der ersten Viertelsminute stellte sich eine deutlich verminderte Häufigkeit des Pulses heraus, und wir griffen daher in No. 6, nachdem der Nerv $^3/_4$ Minute geruht hatte, zu einer schwächeren Reizung (20 Widerstandseinheiten). Jetzt war die richtige Stärke der Ströme getroffen, um den Puls häufiger zu machen, und noch wirksamer wurde die Reizung, als wir in No. 10 und 11

[1] 10 Raumtheile concentrirter Schwefelsäure mit 90 Raumtheilen destillirten Wassers.

nur 10 Widerstandseinheiten in die Nebenschliessung aufnahmen und die Einwirkung der Wechselströme 2 Minuten andauern liessen: die Pulsfrequenz stieg von 188 bis zu 230, also um 42 Schläge in der Minute. In der Ruhe sank die Frequenz wieder, und zwar sogleich in der ersten Minute auf 209, in der dritten auf 203, und als dann wieder mit schwachen Strömen gereizt ward, stieg die Häufigkeit in der ersten Minute wieder auf 220, in der zweiten auf 227, um in der Ruhe von Neuem zu sinken (No. 12—18).

So wie daher die richtige Stärke der Ströme getroffen war, ergab jede Reizung eine Frequenzvermehrung, eine stärkere Reizung setzte die Frequenz herab, und zwischen den schwächsten und stärksten Strömen, die hier zur Anwendung kamen, lag eine mittlere Stärke von indifferenter Wirkung.

Wir haben die obige Versuchsreihe mitgetheilt auf die Gefahr hin, dass jüngere, noch unbefangene Leser die wiederholte Bestätigung der früher von Moleschott veröffentlichten Thatsachen langweilig finden mögen. Diese Abhandlung dürfte aber Manchem zu Gesicht kommen, dem jene ältere nicht zugleich vorliegt, und ganz hiervon abgesehen, — wo sich der Irrthum nicht bloss ein Nest, sondern auch eine Krone gebaut hat, der viele ausgezeichnete Forscher durch ihre Namen einen blendenden Glanz ertheilten, da darf man sich nicht scheuen, das Gewicht der Thatsachen dem schmuckvollen Verdienst der Kürze vorzuziehen.

Die folgenden Beobachtungen bedürfen einer ähnlichen Entschuldigung nicht. Sie wurden nämlich mit Hülfe unpolarisirbarer Elektroden gewonnen. Diese bestanden in Fliesspapier-Bäuschen, 21 C. M. lang, an dem einen Ende 8, an dem andern 6 M. M. breit, welche, mit einer gesättigten Auflösung schwefelsauren Zinkoxyds getränkt, in einer eben solchen Lösung beim Versuche getaucht waren; die Gefässe mit den Bäuschen und der Zinklösung enthielten ferner amalgamirte Zinkplatten, $5^1/_2$ C. M. lang und 12 M. M. breit, die mit Drähten zusammenhingen, welche durch Quecksilbernäpfchen mit den Drähten der secundären Rolle von Du Bois-Reymond's Schlittenapparat verbunden waren. Die schmalen Enden der Bäusche wurden auf eine passende Glasplatte gelegt und an den Stellen, welche den

Nerven aufnehmen mussten, mit Eiweisshäutchen bedeckt, wie sie von Du Bois-Reymond für die Multiplicatorversuche eingeführt worden.

Am 28. Februar 1861 wurde einem grossen Kaninchen der linke Vagus hoch oben durchschnitten, in grosser Ausdehnung nach unten frei präparirt, was ohne allen Blutverlust gelang, und dann auf die beschriebenen unpolarisirbaren Elektroden gelegt.

Tabelle II.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 48′					Ruhe	57	114	174	235
2	„ 49′	1 Daniell	28 C. M.	1000 M.	8 M. M.	Reizung	62	122	185	248
3	„ 50′					Ruhe	58	113	171	232
4	„ 51′	„	„	2000 „	„	Reizung	59	122	189	252
5	„ 52′					Ruhe	60	120	180	237
6	„ 53′					„	55	110	169	224
7	„ 54′	„	„	4000 „	„	Reizung	57	118	182	244
8	„ 55′	„	„	9000 „	„	„	60	120	185	250
9	„ 56′					Ruhe	56	110	167	220
10	„ 57′	„	„	„	„	Reizung	60	122	183	248
11	„ 58′					Ruhe	56	108	165	218
12	„ 59′	„	„	0	„	Reizung	60	123	188	252
13	12 h					Ruhe	56	114	173	230
14	12 h 1′	„	—8½ „	„	„	Reizung	0	0	0	0
15	„ 3′	1 Grove	—5½ „	„	„	„	2 Stillstand [1])			
16	„ 5′	2 „	—2½ „	„	„	„	0	0		

Weil mit den unpolarisirbaren Elektroden ein grösserer Widerstand in dem Kreise der secundären Rolle gegeben war, griffen wir sogleich zu stärkeren Strömen, um vermehrte Frequenz zu erzielen, indem wir die Widerstandseinheiten in der Nebenschliessung nicht nach Einern oder Zehnern, sondern nach Hunderten zählten. Gleich der erste Griff war ein glücklicher, um aber den schönsten Erfolg zu erzielen durften wir durch Vermehrung des Widerstands in der Nebenschliessung die Ströme noch stärker machen. Die Frequenzzu-

[1]) Der Stillstand dauerte 20 Secunden, dann 1 Herzschlag und erst 7 Secunden später der zweite.

nahme während der Reizung betrug 13 bis 34 Schläge in der Minute (No. 2 und No. 12). Jeder Versuch, so lange die Nebenschliessung angewandt war, ergab vermehrte Häufigkeit, und der grösste Zuwachs ward in dem Fall beobachtet, als bei einem Rollenabstande von 28 C. M. die Nebenschliessung ganz beseitigt worden.

Durch Uebereinanderschieben der Rollen, während die Nebenschliessung wegblieb, wurde ein Stillstand des Herzens erzeugt, der 1 ganze Minute dauerte (No. 14); in No. 16 unter Anwendung von 2 Grove'schen Elementen stand das Herz $^1/_2$ Minute still.

Von einer durch das Cerebrospinalsystem vermittelten Reflexwirkung konnte nicht die Rede sein, da der Nerv vom Hirn getrennt war; dass aber auch wenn der unversehrte Vagus auf den Elektroden liegt, keine reflectorische Reizung mit im Spiele ist, beweist die folgende Versuchsreihe, die an dem centralen Ende des tief unten durchschnittenen linken Vagus eines Kaninchens gewonnen wurde. Die Ströme wurden mittelst der unpolarisirbaren Elektroden zugeführt.

Tabelle III.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollen-abstand.	Neben-schliessung.	Elektroden-abstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
1	12 h 29′					Ruhe	62	120	178	240	
2	„ 30′					„	59	117	174	234	
3	„ 31′					„	—	108	162	220	
4	„ 32′					„	54	110	160	220	
5	„ 33′	1 Daniell	28 C.M.	2000 M.	8MM.	Reizung	55	106	157	212	
6	„ 34′					Ruhe	53	108	160	216	
7	„ 35′	„	„	1000 „	„	Reizung	52	104	157	212	starke Zuckungen
8	„ 36′					Ruhe	53	—	160	214	
9	„ 37′	„	„	500 „	„	Reizung	52	106	157	210	Zuckungen
10	„ 38′					Ruhe	53	106	159	214	
11	„ 39′	„	„	200 „	„	Reizung	53	107	159	214	Zuckungen
12	„ 40′					Ruhe	53	106	160	216	
13	„ 41′	„	„	100 „	„	Reizung	54	108	159	213	Zuckungen
14	„ 42′					Ruhe	53	104	159	210	
15	„ 43′	„	„	9000 „	„	Reizung	51	102	153	205	Zuckungen
16	„ 44′					Ruhe	50	102	154	208	Zuckungen
17	„ 45′	„	„	0	„	Reizung	52	103	152	204	Zuckungen
18	„ 46′					Ruhe	52	104	155	208	

Es wurde siebenmal gereizt, mit schwachen Strömen verschiedener Ordnung, ohne dass ein einziges Mal vermehrte Häufigkeit des Pulses die Folge gewesen wäre. Der mittlere Unterschied zwischen den während der Reizung und in den unmittelbar vorausgegangenen Ruhe-Minuten beobachteten Pulszahlen betrug für den Zustand der Reizung — 4 (Minimum 0, Maximum — 8). Bei einer mittleren Frequenz von 215 Schlägen in der Minute wird man einem mittleren Unterschied von 4 Schlägen keine gesetzmässige Bedeutung beilegen dürfen, obgleich der mittlere Unterschied zwischen den in der Ruhe beobachteten Pulszahlen nicht ganz 2 ($1^{5}/_{7}$) beträgt. Diese Auffassung wird bestätigt durch das in Tabelle VI, S. 417 von Moleschott's oben angeführter Abhandlung verzeichnete Resultat. Dort beträgt die Frequenz während der Reizung + $^{1}/_{3}$ eines Herzschlags mehr als in der Ruhe, und die mittlere Pulszahl in der Ruhe war 175. Fügt man hinzu, dass man durch Reizung des peripherischen Endes des Vagus eine ebenso ansehnliche Frequenzsteigerung hervorbringen kann, wie durch Reizung des unversehrten Nerven, so wird sich aus den von uns gewonnenen Erfahrungen nur folgern lassen, dass keine in den grossen Centralheerden vermittelte Reflexwirkung im Spiele ist, wenn Reizung des undurchschnittenen Vagus den Herzschlag häufiger macht.

Diejenige Vagus-Reizung, welche die Pulsfrequenz vermehrt, ruft alle die Veränderungen hervor, welche bei der Kraftbethätigung eines motorischen Nerven und der von diesem versorgten Muskeln zu beobachten sind.

Reizt man den Vagus eines Kaninchens mit Wechselströmen von der Ordnung, dass eine vermehrte Häufigkeit des Herzschlags die Folge der Reizung ist, dann wird im Nerven der elektrische Bewegungsvorgang wahrgenommen, den der Multiplicator in erfolgreich gereizten Nerven durch eine Schwankung der Stromstärke des ruhenden Nerven anzeigt. Es ist nur daran zu erinnern, dass nach Moleschott's Entdeckung diese Schwankung nicht bloss, wie man

durch Du Bois-Reymond's Untersuchungen weiss, negativ, sondern auch positiv sein kann [1]).

Ohne die von Du Bois-Reymond verbesserte, in einem so merkwürdigen Grade gleichartige und unpolarisirbare Zuleitungsvorrichtung (amalgamirte Zinkplatten und schwefelsaure Zinklösung statt Platinplatten und Kochsalz), hätten wir nicht daran denken können, so kleine Schwankungen, wie sie bei diesen Untersuchungen zu erwarten waren und auch wirklich beobachtet worden sind, in ihrer Gesetzmässigkeit zu erkennen. Wenn uns dies also gelungen ist, so haben wir es den ebenso mühsamen als erfolgreichen Vorarbeiten Du Bois-Reymond's zu verdanken.

Die Vagi, deren Verhalten wir am Multiplicator geprüft haben, wurden dem lebenden Kaninchen ausgeschnitten und allsogleich mit dem peripherischen Ende den Zuleitungsbäuschen aufgelegt. Wir lassen zunächst einige der angestellten Beobachtungen in tabellarischer Zusammenstellung hier folgen. Die Zuleitung der reizenden Ströme geschah mit Hülfe des von Du Bois-Reymond angegebenen Halters mit den Platinschaufeln.

Tabelle IV.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11h 28′				Ruhe	20⁰	10⁰		
2	„ 28½′	1 Grove	28 C. M.	5 M.	Reizung			9⁰	—1⁰
3	„ 29′	„	„	10 „	„			„	
4	„ 29½′	„	„	15 „	„			„	
5	„ 30′	„	„	20 „	„			„	
6	„ 30½′	„	„	25 „	„			8½⁰	—1½⁰
7	„ 31′	„	„	30 „	„			8⁰	—2⁰
8	„ 31½′	„	„	35 „	„			„	
9	„ 32′	„	„	40 „	„			„	
10	„ 32½′	„	„	45 „	„			6⁰	—4⁰
11	„ 33′	„	„	50 „	„			6½⁰	—3½⁰
12	„ 34′				Ruhe		9⁰		

1) Jac. Moleschott, der bewegungvermittelnde Vorgang im Nerven kann auch von einer positiven Schwankung des Nervenstroms begleitet sein, im vorliegenden Bande dieser Untersuchungen, S. 1 u. folg.

Schwache Reizung des Vagus, $4^1/_2$ Minuten lang fortgesetzt, brachte also eine negative Schwankung von 4^0 hervor, oder wenn man annehmen will, dass um 11 h $32^1/_2{}'$ (in No. 10) die dem Strom des ruhenden Nerven entsprechende constante Ablenkung nur noch 9^0 betragen hätte, eine negative Schwankung von — 3^0. Nachher, als die Reizung aufgehoben war, ging die Nadel wieder von $6^1/_2$ auf 9^0 zurück (No. 12), und diese Rückkehr oder Annäherung zur constanten Ablenkung, die in der vorausgehenden Ruhe bestand, ist von uns in allen Fällen beobachtet worden, denen wir eine Beweiskraft für den Zusammenhang der Schwankung mit der angewandten Reizung zugeschrieben haben.

Als die Nadel nach Aufhebung der Reizung wieder ruhig auf 9^0 stand, haben wir mit starken Wechselströmen (1 Grove, Rollen über einander, ohne Nebenschliessung) gereizt, und erst als die Reizung 10 Secunden gedauert hatte, ergab sich eine negative Schwankung von 1^0.

Zweimal wurde eine negative Schwankung von 2^0 in demselben Augenblicke beobachtet, als die Strecke des Nerven, welche zwischen den Platinschaufeln lag, ohne dass elektrisch gereizt wurde, mit Eiweisslösung betupft ward.

Tabelle V.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11h 12′				Ruhe	11^0	7^0		
2	„ 14′	1 Daniell, SO^3 $10^0/_0$	28 C. M.	5 M.	Reizung				
3	„ $14\frac{1}{2}$′	„	„	10 „	„				
4	„ 15′	„	„	15 „	„				
5	„ $15\frac{1}{2}$′	„	„	20 „	„				
6	„ 16′	„	„	25 „	„				
7	„ $16\frac{1}{2}$′	„	„	30 „	„			5^0	-2^0
8	„ 17′	„	„	35 „	„			4^0	-3^0
9	„ 18′				Ruhe		6^0		

Es wurde nach demselben Princip gereizt wie in der Versuchsreihe, die in Tabelle IV verzeichnet ist, nämlich mit einer Einschaltung von 5 Widerstandseinheiten in der Nebenschliessung angefangen und nach Verfluss je einer halben Minute 5 Einheiten mehr eingeschaltet, um durch allmälige Verstärkung der Wechselströme mit Sicherheit die richtige Stärke des Reizes zu treffen. Im Ganzen wurde $3^1/_2$ Minuten gereizt und erst nach $2^1/_2$ Minuten, als 30 Einheiten in die Nebenschliessung aufgenommen waren, wurde eine negative Schwankung von 2^0 erreicht, die in der nächsten halben Minute auf 3^0 wuchs. In der darauf folgenden Ruhe kehrte die Nadel auf 6^0 zurück.

Dann wurde um 11 h $18^1/_2{}'$ zehn Secunden lang mit starken Wechselströmen gereizt (Rollenabstand — $8^1/_2$ C. M., Nebenschliessung 0), und es erfolgte gar keine Schwankung; um 11 h 21′ wurde dieselbe Reizung wiederholt, und nun wurde, aber erst gegen Ende der zehn Secunden eine negative Schwankung von 1^0 hervorgebracht.

Tabelle VI.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 34′				Ruhe	19^0	10^0		
2	„ 36′	1 Daniell	28 C. M.	5 M.	Reizung				
3	„ $36\frac{1}{2}'$	„	„	10 „	„			9^0	-1^0
4	„ 37′	„	„	15 „	„			„	
5	„ $37\frac{1}{2}'$	„	„	20 „	„			„	
6	„ 38′	„	„	25 „	„			„	
7	„ $38\frac{1}{2}'$	„	„	30 „	„			8^0	-2^0
8	„ 39′	„	„	35 „	„			„	
9	„ $39\frac{1}{2}'$	„	„	40 „	„			„	
10	„ 40′	„	„	45 „	„			„	
11	„ $40\frac{1}{2}'$	„	„	50 „	„			„	
12	„ 41′	„	„	55 „	„			„	
13	„ $41\frac{1}{2}'$	„	„	60 „	„			„	
14	„ 42′	„	„	65 „	„			„	
15	„ $42\frac{1}{2}'$	„	„	70 „	„			7^0	-3^0

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
16	11 h 43′	1 Daniell	28 C. M.	75 M.	Reizung			7⁰	
17	„ 43½′	„	„	80 „	„			„	
18	„ 44′	„	„	85 „	„			„	
19	„ 44½′	„	„	90 „	„			„	
20	„ 45′	„	„	95 „	„			„	
21	„ 45½′	„	„	100 „	„			„	
22	„ 46′				Ruhe		9⁰		

Der Nerv, welcher die vorstehende Tabelle geliefert hatte, wurde dann mit Eiweiss befeuchtet und um 11 h 52′ noch einmal auf die Bäusche gelegt. Er gab jetzt eine constante Ablenkung von 7⁰, und als er mit schwachen Wechselströmen (1 Daniell, Rollenabstand 28 C. M., Nebenschliessung 35 M.) gereizt wurde, erfolgte sogleich eine negative Schwankung von 1⁰; die Reizung wurde 3 Minuten lang fortgesetzt, die Nadel blieb während dieser ganzen Zeit auf 6⁰ stehen und kehrte, als die Reizung aufgehoben ward, zu der ursprünglichen Ablenkung von 7⁰ zurück. Hier wurde also, mit Hülfe der durch Tabelle VI erzielten Orientirung, sogleich die richtige Stromstärke getroffen und sogleich eine negative Schwankung hervorgebracht.

Starke Ströme (1 Daniell, Rollen übereinander, Nebenschliessung 0) erzeugten erst nach 8 Secunden eine negative Schwankung von 1⁰.

Tabelle VII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 32′				Ruhe	24⁰	8⁰		
2	„ „	1 Daniell	28 C. M.	vollkommen	Reizung			+ 3⁰	—5⁰
3	„ 33′				Ruhe		8⁰		
4	„ 41′				„		7⁰		
5	„ „	„	„	5 M.	Reizung			+ 4⁰	—3⁰
6	„ 42′				Ruhe		7⁰		
7	„ 44′				„		5⁰		
8	„ „	„	„	1 „	Reizung.			+ 3½	—1½
9	„ 45′				Ruhe		6⁰		

Tabelle VIII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	12 h				Ruhe	22^0	10^0		
2	12 h 2′	1 Daniell	28 C. M.	1 M.	Reizung			$+13^0$	$+3^0$
3	„ 3′				Ruhe		10^0		
4	„ „	„	„	5 „	Reizung			$+11^0$	$+1^0$
5	„ 4′				Ruhe		10^0		
6	„ 5′				„		9^0		
7	„ „	„	„	50 „	Reizung			$+11^0$	$+2^0$
8	„ 7′				Ruhe		9^0		
9	„ „	„	„	100 „	Reizung			$+11^0$	$+2^0$
10	„ 8′				Ruhe		9^0		
11	„ 10′	„	„	300 „	Reizung			$+12^0$	$+3^0$
12	„ „				Ruhe		10^0		
13	„ 12′	„	„	400 „	Reizung			$+12^0$	$+2^0$
14	„ 14′				Ruhe		9^0		
15	„ 17′				„		10^0		
16	„ „	„	„	50 „	Reizung			$+11^0$	$+1^0$
17	„ 18′				Ruhe		9^0		
18	„ „	„	„	vollkommen	Reizung			$+11\frac{1}{2}^0$	$+2\frac{1}{2}^0$
19	„ 19′				Ruhe		10^0		
20	„ „	„	„	9000 M.	Reizung			$+11^0$	$+1^0$
21	„ 20′				Ruhe		9^0		
22	„ „	„	„	0	Reizung			$+11^0$	$+2^0$
23	„ 21′				Ruhe		9^0		
24	„ „	„	$-8\frac{1}{2}$ „	„	Reizung			$+12^0$	$+3^0$
25	„ 22′				Ruhe		9^0		
26	„ „	„	„	„	Reizung			$+12^0$	$+3^0$
27	„ 25′				Ruhe		9^0		
28	„ „	„	28 „	1 M.	Reizung			$+11^0$	$+2^0$
29	„ 26′				Ruhe		9^0		

Tabelle VII haben wir aus dem von uns gewonnenen Beobachtungsmaterial zur Veröffentlichung ausgewählt, weil sie ein Beispiel enthält von dem Maximum der negativen Schwankung, welches wir durch schwache Reizung des Vagus erzielt haben; Tabelle VIII, weil in ihr alle Reizungen, auch die starken (vgl. No. 24 und 26), von einer positiven Schwankung begleitet waren, welche 1 bis 3^0 betrug.

Wir hatten es mit einem sehr ausdauernden Nerven zu thun; vor der ersten Reizung betrug die constante Ablenkung 10⁰, und 26 Minuten später, nach der dreizehnten Reizung stand die Nadel noch auf 9⁰. Dadurch erklärt es sich, dass die Reizung 13mal mit dem Erfolg einer positiven Schwankung vorgenommen werden konnte. Die starken Ströme brachten gegen Ende der Versuchsreihe eine etwas stärkere positive Schwankung hervor als die schwachen (3^0 in No. 24 und 28, 2^0 in No. 22 und 28). Im Anfang hatte aber die schwächste Reizung (No. 2) einen ebenso grossen Erfolg als später die stärkste.

In der grossen Mehrzahl der Fälle brachten die Reizversuche, in welchen Wechselströme von der Stärke angewandt wurden, die jedesmal das Herz zum Stillstand zwingen, keine oder erst nach 8 bis 13 Secunden eine Schwankung hervor. Zum Beleg hierfür mögen noch zwei Tabellen aus unserem Tagebuch mitgetheilt werden, die das Bemerkenswerthe zeigen, dass schwache Wechselströme, nach wiederholter Anwendung der starken Reizung, zu negativen oder positiven Schwankungen führten. Die Reizung dauerte in den beiden Versuchsreihen jedesmal eine halbe Minute.

Tabelle IX.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 21′				Ruhe	26^0	10^0		
2	„ „	1 Grove	$-8\frac{1}{2}$ C.M.	0	Reizung				0
3	„ 23′				Ruhe		8^0		
4	„ 30′				„		6^0		
5	„ „	„	„	„	Reizung				0
6	„ 32′				Ruhe		5^0		
7	„ „	„	„	„	Reizung				0
8	„ 35′				Ruhe		4^0		
9	„ „	1 Daniell	+28 CM.	„	Reizung				0
10	„ 38′				Ruhe		4^0		
11	„ „	„	„	100 M.	Reizung			$+5^0$	$+1^0$
12	„ 40′				Ruhe		4^0		

Tabelle X.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 51′				Ruhe	18⁰	9⁰		
2	„ „	1 Grove	-8½ C.M.	0	Reizung				0
3	„ 54′				Ruhe		7⁰		
4	„ „	„	„	„	Reizung				0
5	„ 57′				Ruhe		6⁰		
6	„ „	1 Daniell	+28 CM.	100 M.	Reizung				0
7	„ 59′				Ruhe		5⁰		
8	„ „	„	28 C. M.	50 „	Reizung				0
9	12 h				Ruhe		6⁰		
10	„	„	„	5 „	Reizung			+ 4⁰	—2⁰
11	„ 3′				Ruhe		5⁰		
12	„ „	„	„	„	Reizung			+ 4⁰	—1⁰
13	„ 7′				Ruhe		6⁰		
14	„ „	1 Grove	-8½ C.M.	0	Reizung				0
15	„ 10′				Ruhe		7⁰		
16	„ „	„	„	„	Reizung				0

Die negativen Schwankungen, welche in No. 10 und 12 der Tabelle X verzeichnet sind, traten die erstere 4, die zweite 5 Secunden nach Beginn der Reizung ein.

Bei Anwendung starker Wechselströme auf den Vagus sahen wir eine Veränderung in der Nadelablenkung nur sehr selten früher als 8 Secunden nach Beginn der Reizung eintreten, während der frische N. cruralis des Kaninchens, den wir auf gleiche Weise behandelten, schon nach 3 bis längstens 6 Secunden eine negative Schwankung liefert, die in unseren Versuchen nie mehr als 3⁰ betrug. Die Ablenkungen, welche der Strom des ruhenden N. cruralis an der Multiplicator-Nadel hervorbrachte, bewegten sich zwischen denselben Grenzen wie die vom Vagus erzeugten. Einmal haben wir einen frisch ausgeschnittenen Cruralnerven des Kaninchens mit Wechselströmen von der Ordnung behandelt, welche auf den Vagus angewandt vermehrte Pulsfrequenz und Stromschwankung hervorgerufen hätten; vor der Reizung hatte der Nerv eine constante Ablenkung von 7⁰ erzeugt; als die Wechselströme, durch 1 Daniell'sches Ele-

ment, bei einem Rollenabstande von 28 C. M. und einer Nebenschliessung von 50 M., erzeugt wurden, begab sich die Nadel auf 6° und blieb da stehen, als wir die Reizung allmälig verstärkten, allein nach Aufhebung der Reizung kehrte die Nadel nicht in ihre ursprüngliche Stellung zurück, so dass es zweifelhaft war, ob die um 1° verminderte Nadelablenkung eine durch die Reizung bedingte negative Schwankung oder eine durch das Absterben herbeigeführte Schwächung des Nervenstroms verrieth.

Es wäre unnöthig, die hier mitgetheilten Beobachtungen durch ähnliche Angaben aus unserem Tagebuch zu vermehren. Das vorgeführte Material reicht aus, um zu zeigen, dass jene schwachen Wechselströme, die, wenn sie auf den Vagus einwirken, den Herzschlag häufiger machen, negative oder — in seltneren Fällen — positive Schwankungen des Nervenstroms hervorrufen, während starke Wechselströme, die den Herzschlag seltener machen oder das Herz zum Stillstand zwingen würden, entweder gar keine oder erst nach vielen Secunden eine meist sehr unbedeutende Schwankung wahrnehmen lassen. Es wäre sehr bestechend, anzunehmen, dass diese Schwankung auf eine vom Absterben bedingte Schwächung des Nervenstroms hinweise; dagegen spricht aber, dass wir mehrfach die Nadel nach einer durch starke Ströme hervorgebrachten Schwankung wieder in die ursprüngliche Lage zurückkehren sahen. Tabelle VIII zeigt in No. 23 bis 27 Beispiele der Art, in welchen die starken Wechselströme eine positive Schwankung bewirkten, wir haben aber das Gleiche viermal auch nach einer durch starke Reizung hervorgebrachten negativen Schwankung gesehen.

Wie viel leichter die schwachen Wechselströme eine der Reizung entsprechende Schwankung des Vagus-Stroms hervorrufen, als dies durch starke Wechselströme geschieht, lehrt die Tabelle X (S. 65); in der dort mitgetheilten Versuchsreihe bewirkten nur die ganz schwachen Ströme eine negative Schwankung, die stärkeren und starken, welche *vor* und *nach* jenen schwächsten angewandt wurden, thaten es niemals. Der Parallelismus mit den Veränderungen der Pulsfrequenz, wie sie die Vagus-Reizung bewirkt, springt in die Augen.

Nach diesen Erfahrungen gingen wir mit den besten Erwartungen

an chemische Reizversuche, bei denen uns der Multiplicator lehren sollte, ob ein elektrischer Bewegungsvorgang im Nerven nachzuweisen wäre, während das centrale Ende des Nerven chemisch gereizt wurde, und wir sahen uns in unseren Hoffnungen nicht getäuscht.

Zunächst haben wir das centrale Ende durch eine Kochsalzlösung gereizt, die wie diejenige, deren Anwendung auf den Vagus früher eine vermehrte Pulsfrequenz erzeugt hatte [1]), aus 1 Raumtheil einer gesättigten Lösung mit 3 Raumtheilen destillirten Wassers bestand. Das Ergebniss der Versuche ist in folgenden Tabellen niedergelegt.

T a b e l l e XI.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Nerven.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 27′		Ruhe	18⁰	6⁰		
2	„ „	Das centrale Ende wird in die Kochsalzlösung getaucht	Reizung			+ 5⁰	— 1⁰
3	„ 29′		„			+ 4⁰	— 2⁰
4	„ 31′		„			+ 3⁰	— 3⁰
5	„ 36′	Das in Kochsalz tauchende Ende wird abgeschnitten	„			+ 2⁰	— 4⁰
6	„ 42′	und der ganze übrig bleibende Theil des Nerven in Eiweisslösung gebadet, dann frisch aufgelegt	Ruhe	14⁰	6⁰		

Durch die blosse Einwirkung des Kochsalzes wurde also eine negative Schwankung von 3⁰ hervorgebracht, die durch die mechanische Reizung des Durchschneidens noch um 1⁰ erhöht wurde. Als der Nerv 6 Minuten lang in Eiweisslösung gebadet worden, um ihn durch Entfernung des etwa gegen das peripherische Ende vorgedrungenen Kochsalzes und Befeuchtung so gut als möglich in integrum zu resti-

[1]) Vergl. Moleschott, a. a. O. S. 456, 457.

tuiren, gab er zwar einen ersten Ausschlag, der um 4^0 kleiner war, als der vom frischen Nerven gewonnene, aber die constante Ablenkung war wieder 6^0 (vgl. No. 1 und No. 6).

Tabelle XII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Nerven.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 58′		Ruhe	19^0	6^0		
2	„ 59′	Das centrale Ende wird in die Kochsalzlösung getaucht	Reizung				
3	12 h 1′		„			+ 5^0	— 1^0
4	„ 6′	Das in die Kochsalzlösung tauchende Ende des Nerven wird mit einer frischen Schnittfläche versehen	„			+ 6^0	+ 1^0
5	„ 8′		„			+ 8^0	+ 2^0
6	„ 12′		„			+ 4^0	— 4^0
7	„ 13½′		„			+ 6^0	+ 2^0
8	„ 15½′	Die Schnittfläche auf's Neue angefrischt	„			+ 8^0	+ 2^0
9	„ 16½′		„			+ 6^0	— 2^0

Unter der Rubrik Schwankung sind immer die Unterschiede gegen die unmittelbar vorher beobachtete Nadelstellung angegeben: die Zahlen lehren, dass während der über eine Viertelstunde andauernden Kochsalzwirkung der Nervenstrom wiederholte Schwankungen erlitt, bald im negativen bald im positiven Sinne.

Der zeitliche Verlauf der durch die Kochsalzlösung hervorgebrachten Schwankungen des Nervenstroms zeigt in beiden Tabellen einen sehr befriedigenden Einklang mit dem zeitlichen Verlauf der durch die gleiche Reizung gesteigerten Frequenz des Herzschlags [1]).

[1]) Vgl. die Tabellen XXIX und XXX in Moleschott's citirter Abhandlung, S. 457—460.

Die Kochsalzwirkung macht sich in beiden Fällen durch fortschreitende Diffusion erst allmälig in ihrem ganzen Umfang geltend.

Als zweite Methode der chemischen Reizung haben wir das Austrocknen mittelst grosser, dem Nerven genäherter Chlorcalciumstücke benützt. Das peripherische Ende der Nerven lag auf den Bäuschen, das centrale auf Du Bois-Reymond's Träger mit der Glasplatte, welche eine bequeme Unterlage für die Chlorcalciumstücke darbot. Ueber den Erfolg unserer Bemühungen berichten die Tabellen XIII und XIV.

Tabelle XIII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Nerven.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 17′		Ruhe	22°	10°		
2	„ 18′	Das Austrocknen beginnt	Reizung				
3	„ 19′		„			+ 12°	+ 2°
4	„ 20½′		„			+ 11°	— 1°
5	„ 24½′		„			+ 9°	— 2°
6	„ 27′		„			+ 10°	+ 1°
7	„ 30′		„			+ 9°	— 1°
8	„ 31′		„			+ 8°	— 1°
9	„ 31¼′		„			+ 7°	— 1°
10	„ 33′		„			+ 6½°	— ½°
11	„ 34′		„			+ 6°	— ½°

Während also der ruhende Nerv eine constante Ablenkung von 10° darbot, brachte die durch Austrocknen des centralen Endes bewerkstelligte Reizung Nadelstellungen hervor von + 12° bis + 6°, oder Schwankungen von + 2° bis — 4°. In der Tabelle sind unter der Rubrik Schwankung die Unterschiede gegen die zunächst vorausgehende Nadelstellung angegeben; ebenso in der folgenden Tabelle.

Tabelle XIV.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Nerven.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 50′		Ruhe	16°	8°		
2	„ „	Das Trocknen beginnt					
3	„ 53′		Reizung			+ 10°	+ 2°
4	„ 54′		„			+ 9°	— 1°
5	„ 55′		„			+ 8°	— 1°
6	„ 58′	Das getrocknete Ende wird abgeschnitten					
7	12 h		Ruhe		9°		
8	„	Das Trocknen beginnt auf's Neue					
9	12 h 2′		Reizung			+ 8°	— 1°
10	„ 3′		„			+ 9°	+ 1°
11	„ 3½′		„			+ 10°	+ 1°
12	„ 4½′		„			+ 8°	— 2°
13	„ 5½′		„			+ 7°	— 1°
14	„ 8′		„			+ 6°	— 1°
15	„ 9′		„			+ 5°	— 1°
16	„ 12′	Das Trocknen hört auf; der ganze Nerv wird in Eiweiss gebadet					
17	„ 25′		Ruhe	24°	12°		
18	„ 26′	Das Trocknen beginnt					
19	„ 27′		Reizung			+ 11°	— 1°
20	„ 32′		„			+ 10°	— 1°
21	„ 34′		„			+ 8°	— 2°
22	„ 35′		„			+ 6°	— 2°

Die mitgetheilten Zahlen sind selbstredend. Wir heben nur hervor, dass die letzte Ruhestellung der Nadel 12° war (No. 17), und dass ein 9 Minuten lang fortgesetztes Trocknen eine allmälig wachsende negative Schwankung erzeugte, deren Maximum 6° betrug (No. 22).

Endlich haben wir noch die mechanische Reizung auf das centrale Ende des Kaninchen-Vagus angewandt, während das peripherische Ende auf den Bäuschen lag. Die Reizung wurde entweder durch allmälig steigende Belastung oder mittelst der Durchschneidung mit

einer scharfen Scheere angewandt. Einmal legten wir auf das mit einem Stückchen Wachstaffet bedeckte centrale Ende eines Vagus, der im Zustande der Ruhe eine constante Ablenkung von 3⁰ lieferte, erst 1 Gramm, dann 5, 10, 20 Gramm, ohne dass eine Schwankung erfolgte; als wir aber den Nerven mit 50 Gramm belasteten, ergab sich eine negative Schwankung von 1⁰, und nach Wegnahme des Gewichtes kehrte die Nadel auf 3⁰ zurück. Ein anderes Mal lag ein Vagus auf den Bäuschen, der, ruhend, eine constante Ablenkung von 13⁰ hervorbrachte; das centrale Ende wurde durchschnitten, und in demselben Augenblicke entstand eine positive Schwankung von 1⁰, worauf die Nadel alsbald wieder auf 13⁰ sich einstellte und stehen blieb. In einem dritten Versuch bewirkte die Durchschneidung eine negative Schwankung von 2⁰.

Hier mag noch im Vorbeigehen bemerkt werden, dass der stärkste erste Ausschlag, den uns der ruhende Kaninchen-Vagus geliefert hat, 29⁰ betrug; die constante Ablenkung war dabei 19⁰; der betreffende Vagus war der linke; der rechte Vagus desselben Kaninchens gab als ersten Ausschlag 29⁰, als constante Ablenkung 18⁰.

Nachdem wir den ersten Theil des zu beweisenden Lehrsatzes bewiesen hatten, dass nämlich diejenige (elektrische, chemische, mechanische) Reizung des Vagus, welche die Häufigkeit des Herzschlags vermehrt, von einem elektrischen Bewegungsvorgang im Nerven begleitet ist, der den bewegungvermittelnden Zustand des Nerven bekundet, blieb uns noch die Aufgabe, den Beweis des zweiten Theils des aufgestellten Satzes zu vervollständigen, dass die in Rede stehende schwache Reizung eine Kraftbethätigung des Herzmuskels hervorruft. Wir sagen: zu vervollständigen — weil ja die durch die Reizung erzeugte Vermehrung der Pulsfrequenz für jeden Unbefangenen den geforderten Beweis bereits erbracht hat. Durch unrichtig gedeutete Thatsachen und in Folge unvollständiger Beobachtungen ist inzwischen die Vorstellung von der Herzfunction des Vagus so befangen, dass es denkbar wäre, die Anhänger der Hemmungstheorie stellten die Mei-

nung auf, die häufigeren Zusammenziehungen des Herzens seien so schwach, dass ihre grössere Zahl in der Zeiteinheit durch ihre geringere Kraft mehr als aufgewogen würde.

Wir haben daher einige Bestimmungen des Seitendrucks, mit welchem das Blut auf der Gefässwand lastet, in der Ruhe des Vagus, und während seine Reizung die Pulsfrequenz erhöht, vorgenommen. Das Kymographion, dessen wir uns bedienten, war ein von Herrn Keinath in Tübingen angefertigtes. Die Röhre, welche das Manometer mit dem in die Arterien eingebundenen Messingröhrchen verband, war eine gebrochene Glasröhre, deren Stücke, durch fest angebundene Kautschuckröhren mit ihren glatten Rändern in wechselseitiger Berührung erhalten, Beweglichkeit genug behielten, um bei unvorhergesehenen Bewegungen das Zerbrechen der Glasröhren zu verhüten. Diese Röhre war mit einer erwärmten gesättigten Glaubersalzlösung [1]) gefüllt, deren specifisches Gewicht bei 15° C. gleich 1075 war. Mit dieser Lösung wurde auch das in die Arterie eingebundene Messingröhrchen so gut als möglich gefüllt, bevor wir es mit dem Glasrohr, das zum Manometer führte, verbanden. Der Schwimmer des Manometers trug eine zugespitzte Schweinsborste; die Trommel des Kymographions war mit Papier bedeckt, das über einer Terpentinflamme berusst war. Nach dem Aufzeichnen der Curven wurde das berusste Papier für einige Augenblicke in eine weingeistige Colophoniumlösung gelegt, um die Curven zu fixiren. Letztere wurden auf Postpapier durchgepauscht und dann der einer jeden Curve entsprechende Mitteldruck nach der von Volkmann in Anwendung gezogenen Methode bestimmt [2]). Die unten mitzutheilenden Zahlen für den Blutdruck sind M. M. Quecksilber; alle unmittelbar gefundenen Zahlen sind corrigirt wie es die auf dem Quecksilber lastende Säule von Glaubersalzlösung erfordert [3]).

---

[1]) Ich ziehe die Glaubersalzlösung bei den hämodynamischen Versuchen dem kohlensauren Natron vor, weil es nach meinen (freilich noch nicht durch Zahlen gesicherten) Erfahrungen die Gerinnung des Blutes wirksamer zu verhindern scheint.
Moleschott.

[2]) Volkmann, die Hämodynamik nach Versuchen, Leipzig 1850, S. 170, 171.

[3]) Vgl. Volkmann, a. a. O. S. 133.

Die betreffenden Versuche wurden zuerst an Kaninchen angestellt, um den Vagus ohne den Sympathicus reizen zu können. Bevor die Arterie mit dem Manometer in Verbindung gesetzt ward, wurde durch vorläufige Versuche diejenige elektrische Reizung aufgesucht, welche die beste Vermehrung der Pulsfrequenz hervorbrachte. Es war allemal der linke Vagus, der gereizt, und die rechte Carotis, in welche ein knieförmiges Röhrchen eingebunden wurde. Da hierdurch der Blutstrom in der rechten Carotis abgeschlossen war, wurde der Blutdruck eigentlich in dem Truncus anonymus gemessen. Bei der Complicirtheit der Versuche, gelangen nicht alle; wir haben nur diejenigen Curven benutzt, in denen die der Systole entsprechenden kleinen Wellenberge deutlich ausgeprägt waren.

Tabelle XV.

Kaninchen.

Nummer d. Beobachtung.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Pulsfrequenz in der Minute.	Mittlerer Blutdruck.	Grösse des Unterschieds des Blutdrucks in der Ruhe von dem während der Reizung gefundenen.
1				Ruhe	156	71	3,5
2	1 Daniell	28 C. M.	300 Mtr.	Reizung	204	74,5	
3				Ruhe	?	70	1,5
4	"	"	"	Reizung	?	71,5	
5				Ruhe	155	71	2,0
6	"	"	50 "	Reizung	200	73	

Tabelle XVI.

Kaninchen.

Nummer d. Beobachtung.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Pulsfrequenz in der Minute.	Mittlerer Blutdruck.	Grösse des Unterschieds des Blutdrucks in der Ruhe von dem während der Reizung gefundenen.
1				Ruhe	213	60	7
2	1 Daniell	28 C. M.	50 Meter	Reizung	234	67	

Während einer Vagus-Reizung, welche die Pulsfrequenz bedeutend vermehrte, war also der mittlere Blutdruck bei Kaninchen um 1,5 bis 7 M. M. Quecksilber höher als in der Ruhe, oder da das specifische Gewicht des Quecksilbers beinahe 13mal so gross ist wie das des Bluts, um 19,5 bis 91 M. M. Blut. Das Mittel aus den für den Blutdruck bei Kaninchen gefundenen Werthen ist

während der Vagus-Reizung	71,5	M. M. Hg,
„ „ Ruhe	68,0	„ „
Unterschied	3,5	„ „

oder 45,5 M. M. Blut.

Mit ähnlichem Erfolg haben wir diese Versuche an einem Hunde mittlerer Grösse wiederholt, und obgleich hier der Vagus im Verein mit dem Sympathicus-Stamme gereizt werden musste, darf doch das Ergebniss dieses Versuchs als eine Bestätigung der vorigen angesehen werden, da ja Moleschott und Nauwerck gezeigt haben, dass der Sympathicus dem Herzen gegenüber dieselbe Innervationsrolle spielt wie der Vagus. Vor dem Aufsuchen des Nervenstamms waren in die Vena jugularis externa 5,5 Gramm Laudanum liquidum Sydenhami eingespritzt worden. Der Nerv war bei der Präparation verwundet worden, die dadurch bedingte Reizung erklärt die hohe Pulsfrequenz während der ganzen Versuchsreihe. Der Blutdruck wurde in der Arteria cruralis bestimmt, in welche ein T förmiges Röhrchen eingebunden war.

Tabelle XVII.

Hund.

Nummer d. Beobachtung.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	Pulsfrequenz in der Minute.	Mittlerer Blutdruck.	Grösse des Unterschieds des Blutdrucks in der Ruhe von dem während der Reizung gefundenen.
1					Ruhe	160	88	3
2	1 Daniell	28 C. M.	100 M.	17MM.	Reizung	172	91	
3					Ruhe	164	88	5
4	„	„	„	„	Reizung	173	95	
5					Ruhe	178	81	7
6	„	„	200 „	20 „	Reizung	183	86	

Während der Reizung war also der Blutdruck um 3 bis 7, durchschnittlich um 5 M. M. Hg (65 M. M. Blut) höher als in der Ruhe.

Die Versuchsreihe am Hunde war insofern nicht glücklich als gerade in den Minuten, in welchen der Blutdruck während der Reizung des Nervenstamms bestimmt wurde, die Frequenzvermehrung nur unbedeutend war (5 bis 12 Schläge in der Minute) [1]. Die geringste Steigerung des Blutdrucks fällt mit der stärksten Frequenzvermehrung zusammen (No. 2); da nun beim Kaninchen die höchste Zunahme des Blutdrucks (7 M. M.) bei der geringsten Frequenzvermehrung (von 213 auf 234) erhalten wurde; da ferner der Hund bei einer mittleren Steigerung des Blutdrucks eine nur zweifelhafte Frequenzvermehrung (von 5 Schlägen) wahrnehmen liess, während uns andrerseits bei Kaninchen Fälle vorgekommen sind, in welchen bei einer bedeutenden Frequenzvermehrung der Blutdruck keine Zunahme (aber auch keine Abnahme) erlitt, — so ergiebt sich, dass die Zunahme der Pulsfrequenz und die Steigerung des Blutdrucks während der Vagus-Reizung nicht gleichen Schritt halten; bald wird mehr die Energie, bald mehr die Häufigkeit der Herzbewegungen durch die schwache Vagus-Reizung gesteigert, gewöhnlich beide zugleich, bisweilen nur eine von beiden.

Diejenige Vagus-Reizung, welche den Herzschlag seltener macht, drückt auch den Blutdruck herab, und zwar in ansehnlicher Weise. Wir haben zum Beleg dieser Thatsache folgende an einem kleinen Kaninchen gewonnene Zahlen mitzutheilen. Der Blutdruck wurde in der Cruralis, oder da ein knieförmiges Röhrchen eingebunden war, eigentlich in der A. iliaca communis gemessen.

---

[1]) Bei derselben Reizstärke, die in Tabelle XVII, No. 2 und 4, angewandt wurde, hatten wir bevor der Blutdruck untersucht werden sollte, eine Vermehrung der Pulsfrequenz um 31 Schläge erzielt.

Tabelle XVIII

Kaninchen.

Nummer d. Beobachtung.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Pulsfrequenz in der Minute.	Mittlerer Blutdruck.	Grösse des Unterschieds des Blutdrucks in der Ruhe von dem während der Reizung gefundenen.
1				Ruhe	166	125	19
2	1 Daniell	0	0	Reizung	79	106	
3				Ruhe	177	111	17
4	„	—1 C.M.	„	Reizung	82	94	
5				Ruhe	184	130	24
6	„	0	„	Reizung	100	106	
7				Ruhe	179	104	4
8	„	„	„	Reizung	89	100	
9				Ruhe	177	101	19
10	„	„	„	Reizung	72	82	

Während also die starke Vagus-Reizung die Pulsfrequenz durchschnittlich um mehr als die Hälfte herabsetzte, nahm der Blutdruck, wenn wir das Mittel aus den 5 Vergleichsbestimmungen nehmen, um 16 M. M. Hg (oder um 208 M. M. Blut) ab.

Die Werthe für den Blutdruck des Kaninchens, die wir in dieser letzten Versuchsreihe gefunden haben, dürften leicht die höchsten sein, die bis jetzt überhaupt gefunden wurden. Die höchste Zahl, welche Volkmann angiebt [1]), ist 108 nach Blake; unser Mittel beim ruhenden Thiere ist 114, das Maximum 130. Auffallender Weise war das Kaninchen, das diese Zahlen lieferte, so klein, dass wir mit geringer Hoffnung die Versuche unternahmen, während die Thiere, auf welche sich die Tabellen XV und XVI beziehen, obgleich sie *sehr* gross waren, in der Ruhe einen mittleren Druck von nur 68 M. M. Hg lieferten. Dass der letztere Werth um etwa $^2/_5$ kleiner ist als das oben angegebene Mittel (114), darf nicht befremden; nach Ludwig [2]) schwankt der Blutdruck bei Pferden zwischen 321 und 110, bei Schaafen zwischen 206 und 98, bei Hunden zwischen 172 und 88, bei Katzen

1) Volkmann, Hämodynamik, S. 178.

2) Ludwig, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 2. Auflage, Bd. II, S. 173.

zwischen 150 und 71 M. M. Hg; bei Kaninchen fügen wir hinzu zwischen 114 und 50, indem wir das von Ludwig angegebene Minimum aufnehmen und für sein Maximum die von uns gefundene Zahl substituiren.

Wenn diejenige Reizung, welche den Herzschlag häufiger macht, zu lange fortgesetzt wird, dann macht sie schliesslich den Puls bedeutend seltener oder hebt ihn gar vorübergehend auf.

Belege zu diesem Satze finden sich bereits in Moleschott's Untersuchungen über den Einfluss der Vagus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags. Tabelle IX, S. 420, 421 daselbst, berichtet von einem Kaninchen, das in der Ruhe eine Pulsfrequenz von 198 bis 190 Schlägen in der Minute zeigte (No. 1—4); als der linke Vagus desselben in No. 33 durch schwache Wechselströme gereizt ward (1 Daniell, Rollenabstand 28 C. M., Nebenschliessung 10 M.), betrug die Pulsfrequenz 216 in der Minute. Es wurde $4^1/_2$ Minuten mit Wechselströmen von derselben Stärke fortgereizt, und in der letzten halben Minute (No. 37) betrug die Häufigkeit des Herzschlags nur noch 76 statt der 103 Schläge, die in der ersten halben Minute bei gleicher Stärke der Reizung gezählt worden.

In derselben Tabelle findet sich ein anderes Beispiel in No. 49 bis 53. Die Reizung war schwächer, denn statt 10 Widerstandseinheiten war unter übrigens gleichen Bedingungen nur Eine Widerstandseinheit in die Nebenschliessung aufgenommen. Vor Beginn dieser Reizung in No. 48 war die Frequenz 206; sie stieg während der Reizung in der 4. Minute bis auf 221, um in der 5. bis auf 126 zu sinken.

Obwohl sich aus jenen früher gewonnenen Tabellen mehre Beispiele ähnlicher Art beibringen liessen, schien uns die betreffende Thatsache für die Theorie der Vagus-Wirkung allzu wichtig, um sie nicht der Probe wiederholter Versuche zu unterwerfen. Wir lassen einige der betreffenden Beobachtungsreihen folgen.

Tabelle XIX.

Kaninchen, linker Vagus.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 24′					Ruhe	43	86	126	172
2	„ 25′					„	42	84	127	172
3	„ 26′					„	41	80	122	168
4	„ 27′					„	40	82	124	166
5	„ 28′					„	43	88	132	166
6	„ 29′					„	44	87	130	172
7	„ 30′	1 Daniell SO^3 10⁰/₀	28 C.M.	100 M.	18 M.M.	Reizung	50	98	146	195
8	„ 31′	„	„	„	„	„	48	96	146	196
9	„ 32′	„	„	„	„	„	47	94	142	191
10	„ 33′	„	„	„	„	„	46	92	137	183
11	„ 34′	„	„	„	„	„	45	90	136	180
12	„ 35′	„	„	„	„	„	44	88	132	178
13	„ 36′	„	„	„	„	„	44	86	128	173
14	„ 37′	„	„	„	„	„	44	86	129	170
15	„ 38′	„	„	„	„	„	43	85	129	170
16	„ 39′	„	„	„	„	„	42	84	126	170
17	„ 40′	„	„	„	„	„	44	89	131	174
18	„ 41′	„	„	„	„	„	43	86	129	173
19	„ 42′	„	„	„	„	„	43	86	129	173
20	„ 43′	„	„	„	„	„	42	84	126	169
21	„ 44′	„	„	„	„	„	43	83	124	170
22	„ 45′	„	„	„	„	„	44	83	123	164
23	„ 46′	„	„	„	„	„	42	83	123	165
24	„ 47′	„	„	„	„	„	42	84	125	166
25	„ 48′	„	„	„	„	„	42	84	125	166
26	„ 49′	„	„	„	„	„	43	85	124	164
27	„ 50′	„	„	„	„	„	43	85	126	168
28	„ 51′	„	„	„	„	„	43	83	124	166
29	„ 52′	„	„	„	„	„	43	83	122	160
30	„ 53′	„	„	„	„	„	41	81	122	164
31	„ 54′	„	„	„	„	„	41	82	122	160
32	„ 55′	„	„	„	„	„	39	78	117	158
33	12 h 27′					Ruhe	45	93	139	185
34	„ 28′					„	47	91	136	182
35	„ 29′	„	„	400 M.	„	Reizung	47	98	142	188
36	„ 30′	„	„	„	„	„	48	96	143	190

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
37	12 h 31′	1 Daniell	28 C.M.	400 M.	18 M.M.	Reizung	47	93	137	182
38	„ 32′	„	„	„	„	„	46	90	133	176
39	„ 33′	„	„	„	„	„	43	86	128	170
40	„ 34′	„	„	„	„	„	43	86	128	171
41	„ 35′	„	„	„	„	„	43	85	126	169
42	„ 36′	„	„	„	„	„	41	81	123	164
43	„ 37′	„	„	„	„	„	42	83	123	165
44	„ 38′	„	„	„	„	„	42	83	123	165
45	„ 39′	„	„	„	„	„	39	76	113	153
46	„ 40′	„	„	„	„	„	39	76	113	154
47	„ 41′	„	„	„	„	„	35	76	113	155
48	„ 42′	„	„	„	„	„	36	74	112	153
49	„ 43′	„	„	„	„	„	35	78	118	157
50	„ 44′					Ruhe	45	91	140	189
51	„ 45′					„	50	98	144	194

In No. 7 brachte die schwache Reizung eine um 23 Schläge in der Minute vermehrte Pulsfrequenz hervor; bis No. 13 lag die Frequenz über derjenigen, die in der letzten Ruhe-Minute vor der Reizung bestand; indess schon in No. 9 begann die Frequenz, die in den beiden ersten Minuten der Reizung bestand, wieder abzunehmen. Die Reizung wurde mit gleich starken Wechselströmen 26 Minuten lang fortgesetzt, mit dem Erfolg, dass die Pulszahl in No. 32 nur noch 158, d. h. 14 Schläge weniger als in der Ruhe betrug. In der darauf folgenden Ruhe stieg die Pulsfrequenz wieder um 27 bis 23 Schläge. Nun wurde etwas stärker gereizt, als bisher, und zwar mit etwas zu starken Wechselströmen, um eine bedeutende Frequenzvermehrung zu erzielen; indessen in den beiden ersten Minuten (No. 35, 36) bewirkte die Reizung doch noch eine Zunahme um 6 bis 8 Schläge; in No. 37 stimmte die Häufigkeit des Pulses noch mit der Ruhe in No. 34 überein; in No. 38 begann aber die Reizung, die in gleicher Stärke 15 Minuten lang fortgesetzt wurde, ermüdend zu wirken, so dass in der 12. bis 15. Minute durchschnittlich nur noch 155 Pulsschläge gezählt wurden, oder 27 weniger als in der Ruhe vor der zweiten Reizung. Und als die Reizung aufgehoben ward, stieg die Pulsfre-

quenz wieder und zwar um 32 bis 37 Schläge über die letzte Minute, in der gereizt ward.

Also die schwache Reizung bewirkte in den beiden Anwendungen zunächst vermehrte Häufigkeit des Pulses, dann drückte sie bei längerer Einwirkung die Frequenz erheblich unter die ursprünglich in der Ruhe beobachtete hinab, und so wie die Reizung aufgehoben ward, nahm die Frequenz wieder zu. Wenn aber dieselbe Reizung, welche anfangs den Herzschlag häufiger machte, ihn bei längerer Einwirkung seltener macht, und dann in der Ruhe die Frequenz sich wieder hebt, so heisst das mit anderen Worten: durch die Reizung des Vagus wird das Herz zunächst in erhöhte Thätigkeit versetzt, später ermüdet, und von dieser Ermüdung erholt es sich, wenn man die Reizung aufhebt.

Zu weiterer Bestätigung dieser für die richtige Auffassung der Vaguswirkung so wichtigen Thatsache theilen wir die folgende Tabelle mit.

Tabelle XX.

Kaninchen. Linker Vagus.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 19′					Ruhe	40	81	124	166
2	„ 20′					„	42	83	130	168
3	„ 21′					„	40	81	120	162
4	„ 22′					„	41	83	126	168
5	„ 23′	1 Daniell	28 C.M.	500 M.	17 M.M.	Reizung	44	88	135	183
6	„ 24′	„	„	„	„	„	44	89	134	180
7	„ 25′	„	„	„	„	„	43	84	128	176
8	„ 26′	„	„	„	„	„	36	76	115	162
9	„ 27′	„	„	„	„	„	38	78	120	164
10	„ 28′	„	„	„	„	„	40	81	124	166
11	„ 29′	„	„	„	„	„	41	82	123	164
12	„ 30′	„	„	1000 M.	„	„	43	86	130	176
13	„ 31′	„	„	„	„	„	46	86	128	173
14	„ 32′	„	„	„	„	„	42	82	125	169
15	„ 33′	„	„	„	„	„	41	82	124	167

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
16	11 h 34′	1 Daniell	28 C.M.	1000 M.	17 M.M.	Reizung	40	80	121	164
17	„ 35′	„	„	„	„	„	40	79	120	150
18	„ 36′	„	„	„	„	„	37	74	—	161
19	„ 37′	„	„	„	„	„	40	78	120	159
20	„ 38′	„	„	„	„	„	39	77	119	160
21	„ 39′	„	„	„	„	„	40	81	118	158
22	„ 40′	„	„	„	„	„	39	78	117	158
23	„ 41′	„	„	„	„	„	39	78	118	157
24	„ 42′	„	„	„	„	„	39	78	118	157
25	„ 43′	„	„	„	„	„	38	77	118	158
26	„ 44′	„	„	„	„	„	39	78	117	158
27	„ 45′	„	„	„	„	„	39	78	118	158
28	„ 46′	„	„	„	„	„	38	77	117	156
29	„ 47′	„	„	„	„	„	37	76	116	155
30	„ 48′	„	„	„	„	„	38	77	119	158
31	„ 49′	„	„	„	„	„	39	79	118	158
32	„ 50′	„	„	„	„	„	38	77	117	157
33	„ 51′	„	„	„	„	„	38	78	118	159
34	„ 52′	„	„	„	„	„	40	79	118	159
35	„ 53′					Ruhe	40	81	122	165
36	„ 54′					„	41	83	125	168
37	„ 55′					„	40	80	123	166
38	„ 56′	„	„	2000 M.	„	Reizung	43	87	129	165
39	„ 57′	„	„	„	„	„	34	73	111	142
40	„ 58′	„	„	„	„	„	32	68	107	141
41	„ 59′					Ruhe	41	82	120	162
42	12 h					„	42	82	120	162
43	„ 1′	„	„	„	„	Reizung	43	86	130	174
44	„ 2′	„	„	„	„	„	42	84	126	170
45	„ 3′	„	„	„	„	„	40	80	120	161
46	„ 4′	„	„	„	„	„	39	80	121	162
47	„ 5′	„	„	„	„	„	39	78	120	157
48	„ 6′	„	„	„	„	„	39	77	117	155
49	„ 7′	„	„	„	„	„	39	77	116	156
50	„ 8′					Ruhe	40	81	121	163
51	„ 9′					„	38	79	121	162
52	„ 10′	„	„	3000 M.	„	Reizung	43	85	126	170
53	„ 11′	„	„	„	„	„	40	80	121	161
54	„ 12′	„	„	„	„	„	40	80	120	160
55	„ 13′	„	„	„	„	„	40	80	119	158

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
56	12 h 14′	1 Daniell	28 C.M.	3000 M.	17 M.M.	Reizung	40	77	115	152
57	„ 15′	„	„	„	„	„	36	73	110	147
58	„ 16′	„	„	„	„	„	36	72	110	147
59	„ 17′	„	„	„	„	„	36	73	112	148
60	„ 18′					Ruhe	38	78	120	164
61	„ 19′					„	40	82	124	166
62	„ 20′					„	42	84	126	169

Es wurde in dieser Versuchsreihe, wie schon in der vorigen (Tabelle XIX), von Anfang an mit Wechselströmen gereizt, die unter den schwachen stark genannt werden dürfen, weil es uns nicht so wohl darauf ankam eine bedeutende Frequenzvermehrung hervorzurufen, als vielmehr durch eine Reizung, welche anfangs die Frequenz noch deutlich steigerte, möglichst bald eine Ermüdung des Vagus zu erzielen. Durch die gewählte Reizung wurde in No. 5 eine Zunahme um 15 Herzschläge in der Minute hervorgebracht; drei Minuten lang blieb die Häufigkeit des Herzschlags über der in der Ruhe beobachteten; als dann dieselbe Reizung noch länger fortgesetzt wurde (No. 8—11), sank die Frequenz wieder so ziemlich auf dieselbe Höhe. welche vor der Reizung bestand. Um aber rascher zum Ziel zu gelangen, versuchten wir, ob nicht noch stärkere Ströme im Stande wären, anfangs die Frequenz zu steigern. Dies gelang in der That: in No. 12 stieg die Frequenz von 164 auf 176, als aber dieselbe Reizung 7 Minuten lang fortgesetzt worden war, fiel die Frequenz unter 160 und blieb 16 Minuten lang bei immer gleich bleibender Reizung auf einer niederen Höhe, durchschnittlich 158. In der Ruhe, welche auf diese Reizung folgte stieg die Frequenz wieder, in der zweiten Minute bis auf 168 (No. 36).

Nun wurde auf's Neue und zwar wieder stärker gereizt, mit dem Erfolg, dass anfangs *(in den ersten 3 Viertelsminuten)* die Frequenz ein wenig zunahm, um in der zweiten Minute von 166 auf 142 zu fallen (No. 38—40).

Als die Reizung aufgehoben ward, erholte sich das Herz, so dass es in der Minute wieder 162 Mal schlug (No. 41, 42), und nun

brachte dieselbe Reizung, die zuletzt angewendet worden, wieder eine Zunahme um 12 Schläge hervor (No. 43); auch in der zweiten Minute der Reizung übertraf die Frequenz noch die in der Ruhe beobachtete und zwar um 8 Schläge; dieselben Wechselströme riefen aber bei längerer Anwendung wieder eine Ermüdung hervor, so dass in der siebenten Minute der Reizung nur noch 156 Pulsschläge gezählt wurden.

In der Ruhe wieder Zunahme (auf 163, No. 50); bei nochmaliger und zwar verstärkter Reizung wurde die Frequenz bis auf 170 gesteigert (No. 52); aber bei längerer Fortsetzung derselben Reizung wurde eine solche Ermüdung hervorgebracht, dass die Pulszahl bis auf 147 fiel (No. 57, 58). Und zum Beweise, dass dieses Seltenerwerden des Pulses in der That durch die zu lange fortgesetzte Reizung bewirkt ward, — in drei Minuten der Ruhe stieg die Häufigkeit des Herzschlags wieder auf 169 (No. 62).

Beim Frosche haben wir wiederholt ähnliche und noch deutlicher sprechende Beobachtungen gemacht. Wir sahen nämlich durch Reizung des Herzastes des Vagus erst eine Zeit lang vermehrte Frequenz und dann Stillstand entstehen. Die folgende Tabelle enthält ein ausgewähltes Beispiel dieser Art. Das Versuchsthier war eine Rana temporaria, die schon mehrfach zu Reizversuchen gedient hatte. Es lag der linke Ramus cardiacus auf den Elektroden. Die Reizung geschah mit 1 Grove'schen Elemente, Rollenabstand — $8^1/_2$, ohne Nebenschliessung. Die beobachteten Pulszahlen wurden von 5 zu 5 Secunden eingetragen, um den Gang der Veränderungen mehr im Einzelnen verfolgen zu können.

Tabelle XXI.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	12 h 10′	Ruhe	3	6	11	14	17	21	24	28	32	35	39	42
2	„ 11′	Reizung	3	$9\frac{1}{2}$	Stillstand, der 18 Secunden dauert.									
3	„ 11′40″	Ruhe	1	2	4	5	7	9	12	15	18	21	25	29
4	„ 13′	Reizung	6	12	0	0								
5	„ 14′	Ruhe	4	8	11	15	18	22	26	29	33	37	41	44
6	„ 15′	Reizung	7	15	22	27	33	37	43	48	54	61	0	0
7	„ 16′	Ruhe	0	1	4	7	11	14	18	21	24	28	32	39

Bei No. 6 stieg die Häufigkeit des Herzschlags in der ersten Viertelsminute auf das Doppelte (von 11 auf 22), und noch ehe die Minute abgelaufen war, zwang die Reizung das Herz zum Stillstand, welcher 10 Secunden während und überdies noch 5 Secunden nach der Reizung dauerte. Dann erholte sich das Herz allmälig wieder in der Ruhe. Noch langsamer erfolgte die Erholung in No. 3.

Ein anderes Beispiel, ebenfalls den Ramus cardiacus einer Rana temporaria betreffend, wurde bei einer Reizung mit 1 Grove'schen Element, Rollenabstand — 3 C. M., ohne Nebenschliessung gewonnen. Die Zahlen sind in der nächstfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle XXII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	12 h 19′	Ruhe	3½	6	9	11½	14	16½	19	21½	24	27	29½	32
2	„ 20′	Reizung	4½	7	10	12	15	18	21	24	27	30	32	35
3	„ 21′	„	2	3	5	7	10	12½	15	17	19½	21½	24	26½
4	„ 22′	„	2½	—	—	7	9	12	14	16	18½	21	23	25½
5	„ 23′	„	2½	4	6½	9	11	14	16	18½	21	23½	26	29
6	„ 24′	„	2½	5	7½	10	12½	15½	17½	19	22	0		
7	„ 24′50″	Ruhe	0	1	3	7	9½	12	15	17½	20	22½	25	27

Diese Versuchsreihe, der wir mehre andere aus unserem Tagebuch an die Seite stellen könnten, ist insofern noch lehrreicher als die vorige, weil die ermüdende Wirkung der Reizung, welche anfangs die Frequenz vermehrte, sich allmäliger geltend machte, und dennoch schliesslich, ohne dass die Reizung verstärkt wurde, zu einem Stillstand führte, welcher die Reizung noch 7 Secunden überdauerte (No. 6 und 7).

Trotz dem grossen Interesse, das jedes derartige Beispiel für die Theorie der Vagus-Wirkung verdient, da man viele Versuche anstellen muss, um gerade die Stärke der Reizung zu treffen, welche anfangs den Herzschlag noch häufiger zu machen im Stande ist und ihn dennoch schliesslich auf mehre Secunden ganz aufhebt, müssen wir es uns versagen andere gleichartige und mit ähnlichem Erfolg angestellte

Versuchsreihen zu veröffentlichen. Wir dürfen aber nicht unterlassen, ein Beispiel hier mitzutheilen, in welchem bei einer Rana temporaria, starke Reizung (2 Grove'sche Elemente, Rollenabstand — $8^1/_2$ C. M., Nebenschliessung 0) des peripherisch durchschnittenen Laryngeus erst paradoxe Frequenzvermehrung [1]) und nach längerer Einwirkung Stillstand des Herzens hervorrief.

Tabelle XXIII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	12 h 9′	Ruhe	2½	—	6	8½	10	12½	14	16½	18	20½	23	25
2	„ 10′	„			6			11½			16½			21½
3	„ 11′	Reizung	2	4	6	8	9½	11	13	14½	16	18	20	21
4	„ 12′	„	2	4	6	8	10	12	14	16	18½	—	—	25
5	„ 13′	„	2½	5	7	9½	11	13½	15½	18	20½	22½	25	27
6	„ 14′	„	2½	5	7½	9½	12	14½	16½	19	21½	24	26	29
7	„ 15′	„	2½	4½	6½	9	11	14	16	18½	21	23	25	27½
8	„ 16′	„	2	4½	6½	9	11½	13	16	18½	21	23	25	27½
9	„ 17′	„	2½	4½	6½	9½	11½	14	16½	19	21	23½	25	27½
10	„ 18′	„	2½	4½	6	9	11½	13	15	18	20	22½	24	27
11	„ 19′	„	2½	4½	7	9½	11½	14	16	18	21	22½	24	28
12	„ 20′	„	2	4	6½	9	11½	13½	16	18	20½	23	24½	27
13	„ 21′	„	2½	4	5½	8	9½	11	13	14½	16	17½	19	20½
14	„ 22′	„	1	3	4½	0								
15	„ 22′25″	Ruhe	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
16	„ 23′30″	„	1	—	2	—	—	3	4	5½	7	9	10	12
17	„ 24′30″	„	1	3	5	7	9	11	12	14½	16	18	19½	21
18	„ 25′30″	„	2	4½	6½	8½	10	12½	14	16½	18½	—	22½	24

Also anfangs eine allmälig sich ausbildende Frequenzvermehrung, die über 8 Minuten anhält, dann von No. 13 IV an Seltnerwerden, und nach $9^1/_4$ Minuten Aufhören des Pulses mit bedeutender Nachdauer der Erschöpfung, von welcher sich das Herz erst in der vierten Minute der Ruhe vollständig erholt (No. 15—18).

Es fehlt in unserem Tagebuch nicht an ähnlichen, wenn auch

---

[1]) Vgl. über die paradoxe Frequenzvermehrung Moleschott, a. a. O. S. 445.

nicht gerade ebenso glänzenden Versuchsreihen, und dem Einen von uns ist es oft begegnet, dass starke Reizung des nicht durchschnittenen Laryngeus des Frosches erst paradoxe Frequenzvermehrung und nach lange anhaltender, oder auch nur bei einer nach kurzen Zwischenzeiten häufig wiederholten, Anwendung Stillstand des Herzens hervorrief.

Wenn eine starke Vagus-Reizung Stillstand des Herzens erzeugt hat, dann stellt sich nach aufgehobener Reizung die ursprüngliche Häufigkeit des Herzschlags nur allmälig wieder her.

Wir haben sowohl beim Kaninchen, wie beim Frosche, zahlreiche Gelegenheiten gehabt, uns von der Richtigkeit dieses Satzes zu überzeugen. Am schönsten gelingt die Beobachtung beim Frosche, dessen Herz sich langsamer erholt als das des Kaninchens. Hat man z. B. durch hinlänglich starke Vagus-Reizung das Herz des Frosches in kürzerer oder längerer Zeit zum Stillstand gezwungen, so ist das Gewöhnliche, dass der Stillstand um mehre Secunden die Reizung überdauert, und die ersten Pulse pflegen ausserordentlich langsam auf einander zu folgen. Da in den Tabellen XXI bis XXIII schon Beispiele dieser Art verzeichnet sind, so wollen wir für den Frosch nur ein Paar Fälle aus unserem Tagebuch hier anreihen. Wir theilten die Zeit der Ruhe, welche der Reizung nachfolgte, in Perioden von je 5 Secunden ein, und in den nachfolgenden Tabellen ist in den einer solchen Periode angehörigen Raum die absolute Zahl der Pulsschläge eingetragen, die während der 5 Secunden beobachtet worden.

Tabelle XXIV.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Erste Minute nach der Reizung . . .	0	0	1	1	1	1½	1½	3	3	3	4	4
Zweite Minute nach der Reizung . . .	4	3	4	4	4½	3½	3½	3½	3½	4	4	4
Dritte Minute nach der Reizung . . .	4	4										

Tabelle XXV.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Erste Minute nach der Reizung . . .	0	0	0	0	1	0	1	0	1½	1½	2½	2½
Zweite Minute nach der Reizung . . .	2	2	2	2	2	3	2	3	2½	2½	2½	2½
Dritte Minute nach der Reizung . . .	3	4	3½	4	4½	4	3½	4	3½	3	4	4

Bei Kaninchen pflegt der durch starke Reizung hervorgebrachte Stillstand die Reizung nur sehr kurz zu überdauern. Wenn man aber die Pulszahlen in den einzelnen Viertelsminuten nach der Reizung mit einander vergleicht, so findet man eine in ähnlicher Weise fortschreitende Erholung wie beim Frosche. In der folgenden Tabelle sind die unter den römischen Ziffern stehenden Zahlen die absoluten Pulszahlen, die wir in je einer Viertelsminute gefunden haben. In denjenigen Viertelsminuten, die nur mit einem Sternchen bezeichnet sind, wurde gereizt, aber nur in den letzten zehn Secunden. Der linke Vagus des Kaninchens lag auf den Elektroden; die Reizung brachte jedesmal Stillstand hervor.

Tabelle XXVI.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 14′	1 Daniell SO^3 10%	0	0	22 M. M.	48	47	52	*
2	„ 15′					28	39	40	40
3	„ 16′					40	42	46	45
4	„ 20′	„	„	„	„	43	46	47	*
5	„ 21′					29	36	42	42
6	„ 22′					42	43		
7	„ 23′	„	„	„	„	42	44	44	*
8	„ 24′					28	34	36	36
9	„ 25′					38	40	41	39
10	„ 29′	„	„	„	„	43	45	47	*

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	I.	II.	III.	IV.
11	11 h 30′					28	40	44	43
12	„ 31′					43	45	47	46
13	„ 34′	1 Daniell SO^3 10%	-8½ C.M.	0	22 M. M.	43	47	47	*
14	„ 35′					30	38	40	38
15	„ 36′					41	43	45	44
16	„ 38′	„	„	„	„	41	43	45	*
17	„ 39′					28	38	38	37
18	„ 40′					38	39	43	41

Ganz ähnliche Resultate, die bei einer anderen Gelegenheit gewonnen wurden, sind unten in Tabelle XXVIII mitgetheilt. Vgl. S. 89.

Nicht bloss wenn eine starke Vagus-Reizung das Herz vorübergehend zum Stillstand gezwungen hat, sondern auch wenn eine schwächere Vagus-Reizung den Puls nur bedeutend seltener machte, stellt sich, wenn die Reizung aufgehört hat, die ursprüngliche Häufigkeit des Herzschlags allmälig wieder her. Ein Beispiel hierfür giebt uns die folgende Versuchsreihe, die an dem rechten Vagus desselben Kaninchens gewonnen wurde, auf welches sich die vorige Tabelle bezieht. Die einzelnen Zahlen sind wieder die absoluten Pulszahlen, die in je einer Viertelsminute beobachtet wurden. Eine Nebenschliessung wurde bei keiner Reizung angewandt.

Tabelle XXVII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 48′				Ruhe	43	45	48	47
2	„ 49′	1 Daniell SO^3 10%	+5 C.M.	19 M.M.	Reizung	23	18	18½	14½
3	„ 50′				Ruhe	32	45	47	47
4	„ 51′				„	46	45	47	48
5	„ 55′				„	44	46	48	46
6	„ 56′	„	„	„	Reizung	24	25	21	19
7	„ 58′				Ruhe	41	47	49	46

So lange man es noch mit einem hinlänglich unversehrten Vagus zu thun hat, bringt eine starke Reizung leichter Stillstand hervor, wenn der Nerv vorher schon wiederholt mit starken Reizen behandelt worden.

Am 22. November 1860 brachten wir ein Elektrodenplättchen unter den linken Vagus eines Kaninchens. Zur Reizung war ein Daniell'sches Element in Bereitschaft, das den Schlittenapparat mit ganz über einander geschobenen Rollen in Gang setzen sollte. Nebenschliessung keine. Die Reizung wurde zu Anfang einer jeden Minute 10 Secunden lang fortgesetzt und dann unterbrochen. Fünf Secunden nach dem Aufhören der Reizung wurden die Herzschläge gezählt: die römischen Zahlen bedeuten daher in nachfolgender Tabelle das zweite, dritte und vierte Viertel der betreffenden Minute.

Tabelle XXVIII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Dauer der Reizung bis zum Eintritt des Stillstandes in Secunden.	Dauer des Stillstandes in Secunden.	II.	III.	IV.
1	11 h 30′	3	13	24	36	39
2	„ 31′	3	12	25	35	40
3	„ 32′	2	12	25	36	38
4	„ 33′	1	13	26	35	40
5	„ 34′	1	11	27	37	41
6	„ 35′	0	12	25	37	39
7	„ 36′	0	13	26	36	42
8	„ 37′	0	13	23	36	36

Die beiden ersten Male dauerte es 3 Secunden, das dritte Mal 2 Secunden, das vierte und fünfte Mal nur 1 Secunde bevor die Reizung das Herz zum Stillstand zwang; in den drei letzten Versuchen brachte die Reizung sogleich Stillstand hervor.

Aus dieser Tabelle ergiebt sich zugleich eine Bestätigung des Satzes, dass das Herz sich nur allmälig erholt von der ermüdenden Wirkung, welche starke Vagus-Reizung ausgeübt hat. Der Stillstand des Herzens überdauerte die Reizung 2 bis 6 Secunden (No. 6 und

No. 1), und wenn das Herz wieder zu schlagen beginnt, nimmt der Puls allmälig an Häufigkeit zu.

Zur Bestätigung des mitgetheilten Befundes lassen wir noch eine andere Versuchsreihe folgen. Am 26 Nov. 1860 wurde der linke Vagus eines Kaninchens hoch oben durchschnitten, eine Strecke von 11 M. M. zwischen die Platindrähte des Elektrodenplättchens gebracht, und zu den betreffenden Reizversuchen setzte ein Daniell'sches Element den Schlittenapparat in Bewegung, bei einem Rollenabstand von — 5 C. M., ohne Nebenschliessung. Es wurde jedesmal nur 10 Secunden lang gereizt und 5 Secunden nach der Reizung das Zählen der Herzschläge begonnen. Die Einrichtung der Tabelle ist daher dieselbe wie in der vorigen.

Tabelle XXIX.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Dauer der Reizung bis zum Eintritt des Stillstandes in Secunden.	Dauer des Stillstandes in Secunden.	II.	III.	IV.
1	11 h 20′	2	5	—	—	—
2	„ 25′	2	7	45	60	61
3	„ 30′	0	12	40	53	54
4	„ 35′	0	13	36	52	55

In den beiden ersten Versuchen dauerte der Stillstand kürzer, in den beiden letzten länger als die Reizung; in den beiden ersten Versuchen stand das Herz erst still nachdem die Reizung 2 Secunden gedauert hatte, in den beiden letzten sogleich als die Reizung begann. Nur dreimal wurde 5 Secunden nach dem Aufhören der Reizung der Puls gezählt; in allen drei Beobachtungen war die Häufigkeit des Pulses kurz nach der Reizung, in dem zweiten Viertel der betreffenden Minute, wesentlich geringer als später. In No. 3 war die lähmende Nachwirkung der Reizung grösser als in No. 2, in No. 4 grösser als in No. 3.

Kurze Zusammenstellung und Deutung der mitgetheilten Thatsachen.

1. *Schwache Reizung des Vagus macht den Herzschlag häufiger.*

2. *Wenn die schwache Reizung, welche anfangs die Pulsfrequenz erhöhte, lange fortgesetzt wird, dann macht sie schliesslich den Herzschlag seltener als er vor Beginn der Reizung gewesen war.*

3. *Eine mittelstarke Reizung kann den Pulsschlag erst häufiger, dann seltener machen und zuletzt Stillstand des Herzens bewirken* (vgl. die Tabellen XXII und XXIII), *oder aber auf den anfangs durch die Reizung häufig gewordenen Puls folgt sogleich Stillstand* (Tab. XXII, No. 2, 4 und 6).

4. *Sehr starke Reizung zwingt das Herz auf der Stelle zum Stillstand oder es erfolgen vor dem Stillstand nur noch einige seltene Schläge.*

5. *Nachdem das Herz durch starke Vagus-Reizung zum Stillstand gezwungen worden, wird die Frequenz des Herzschlags, wie sie vor der Reizung bestand, nur allmälig wiederhergestellt. Es kann sogar der Stillstand des Herzens, zumal beim Frosche, die Reizung um mehre Secunden überdauern.*

6. *Wenn der Vagus schon mehrfach gereizt worden, ohne dass er seine Reizbarkeit eingebüsst hat, dann bringt die wiederholte Reizung leichter und einen länger andauernden Stillstand hervor als die zum ersten Male angewandte.*

7. *Diejenige Reizung des Vagus, welche den Herzschlag häufiger macht, ist von einem elektrischen Bewegungsvorgang (positiver oder negativer Stromschwankung) im Nerven begleitet, während dieser Bewegungsvorgang bei starker Reizung, die Stillstand oder Seltnerwerden des Herzschlags hervorrufen würde, entweder ganz fehlt, oder in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle erst auftritt, nachdem die Reizung 8 und mehr Secunden gedauert hat, d. h. zu einer Zeit, wenn der Herzschlag oft schon wieder begonnen hat.*

8. *Schwache Reizung des Vagus vermehrt nicht nur die Pulsfrequenz, sondern auch den Seitendruck, mit welchem das Blut auf*

der Arterienwand lastet. Hat dagegen die Reizung mit elektrischen Wechselströmen den Grad von Stärke, dass das Herz zwar fortschlägt, aber viel seltener als in der Ruhe, dann sinkt auch der Seitendruck des Blutes.

9. Die Wirkungen der Vagus-Reizung werden direct in peripherischer Bahn nach dem Herzen geleitet, die Reizung behauptet daher den ihr zugesprochenen Erfolg, wenn sie nach Durchschneidung des Vagus dessen mit dem Herzen verbundenen Theil angreift, sie wird dagegen wirkungslos, wenn man sie auf den centralen Stumpf des Nerven anwendet.

Wenn man von Anfang an die hier zusammengestellten Thatsachen gekannt hätte, würde man wohl nicht angestanden haben, die Innervation des Herzens durch den Vagus, als ein durch die Anwesenheit der Herzganglien complicirtes Analogon der Rolle zu betrachten, welche den übrigen motorischen Nerven, z. B. den vorderen Rückenmarkswurzeln zukommt. Complicirt muss diese Wirkung allerdings sein, da das Herz von vier Nerven (2 Vagi und 2 Sympathici) versorgt wird, von welchen jeder einzeln, falls er gereizt wird, gleichsinnige, wenn auch nicht gleichgradige Veränderungen in der Häufigkeit des Herzschlags hervorbringt. Diese Betrachtung ist aber nicht wichtiger gegenüber der Theorie, die wir hier zu vertheidigen unternehmen, als gegenüber der alten Hemmungstheorie. Denn obwohl es anfangs von Weber übersehen worden, ist es jetzt tausendfältig bestätigt, dass auch wenn nur Ein Vagus mit hinlänglich starken Reizmitteln angegriffen wird, Stillstand des Herzens die Folge jener Reizung ist. Der Angriff, der nur Einen Nerven trifft, wird also im Herzen auf die drei anderen Nerven übertragen, und es liegt nicht gerade ein ungewöhnliches Wunder darin, wenn hier die Herzganglien eine Uebertragung vermitteln, ähnlich derjenigen wie sie in den grossen Centralheerden bei allen Reflexwirkungen angenommen wird, oder wie sie von den Fasern eines motorischen Nervenastes auf andere Fasern des zu jenem Aste gehörenden Stammes bei der sogenannten paradoxen Zuckung erfolgt.

Ein Nerv, der, wenn er gereizt wird, den Herzschlag häufiger und kräftiger macht, und in welchem während einer solchen Reizung

derselbe elektrische Bewegungsvorgang beobachtet wird, welcher den bewegungvermittelnden Vorgang in motorischen Nerven kennzeichnet; ein Nerv, der die Einwirkungen, welche die Bethätigung des Herzschlags erzeugen, nicht auf dem Umwege durch Hirn und Rückenmark, sondern direct in peripherischer Bahn zum Herzen fortpflanzt: ein solcher Nerv ist gewiss als ein motorischer Nerv des Herzens zu betrachten.

Wenn dann starke Reizung eines solchen Nerven den Herzschlag seltener macht oder gar vorübergehend aufhebt, so ist dies in natürlicher Weise als eine Ermüdungserscheinung aufzufassen, die, weil sie die Totalität des Herzens ergreift, keine *besondere*, d. h. keine ihr mehr als einer anderen Deutung anhängende Schwierigkeit zu überwinden hat.

Nachdem die starke Reizung aufgehört hat, dauert die Ermüdung noch eine Zeit lang fort, denn entweder überdauert Stillstand des Herzens die Dauer der Reizung, oder aber es wird zunächst nach dem Aufhören der Reizung eine geringere Häufigkeit des Pulses beobachtet, als in der Ruhe vor Beginn der Reizung bestand; die ursprüngliche Frequenz stellt sich nur allmälig wieder her. Ist dem Vagus viel zugemuthet worden, befindet er sich also in einem ermüdeten Zustand, ohne seine Reizbarkeit eingebüsst zu haben, dann wird das Herz durch nachfolgende Reize leichter zum Stillstand gezwungen, und zwar in dem Sinne, dass entweder gleich starke Reize schneller und auf längere Zeit hin den Puls aufheben, oder aber weniger starke Reize, die, auf den frischen Vagus angewandt, den Herzschlag nur seltener machten, jetzt, nachdem der Nerv ermüdet worden, Stillstand bewirken. Mit anderen Worten: der ermüdete Vagus wird leichter erschöpft und verräth diese Erschöpfung leichter durch Stillstand des Herzens als der nicht ermüdete. Daher erklärt sich die von Schiff schon in seiner ersten Arbeit gemachte Angabe, dass Reize von gleicher Stärke auf den Vagus angewandt das Herz nach dem Tode leichter zum Stillstand zwingen als während des Lebens [1]).

[1]) Schiff, Archiv für physiologische Heilkunde, VIII, S. 174.

Also Reizung des Vagus bethätigt die Bewegungskraft des Herzens, Ueberreizung des Vagus setzt die Kraft des Herzmuskels herab, und diese Wirkungen pflanzen sich peripherisch direct zum Herzen fort, nach dem in der Physiologie herrschenden Sprachgebrauch heisst dies nichts Anderes als: der Vagus ist ein Bewegungsnerv des Herzens.

Kritik der auf den Vagus angewandten „Hemmungstheorie."

Mit dem nunmehr von verschiedenen Seiten und bei verschiedener Gelegenheit gelieferten Beweis, dass nicht jede Vagus-Reizung den Herzschlag seltener macht, hinlänglich abgeschwächte Reizung vielmehr die Pulsfrequenz sehr bedeutend zu steigern vermag, ist der sogenannten „Hemmungstheorie" zwar der feste Boden ganz entzogen, wie dies Schiff bereits mit principieller Kritik von grosser Tragweite in dem von uns zum Motto gewählten Satze nachdrücklich zu erkennen gegeben. Allein eine grosse Zahl der mitlebenden Physiologen, Männer die in und ausser der Schule stehen, haben sich in die Hemmungstheorie so eingelebt, dass Thatsachen, welche auf den ersten Blick diese Theorie zu unterstützen schienen, allzu willkommen waren, als dass ihnen eine scharfe Prüfung hätte zu Theil werden können. Eingedenk der Grundregel, dass der Forscher nicht bloss die Aufgabe hat, die Wahrheit aufdecken zu helfen, sondern auch den Ursachen nachzuspüren, warum ausgezeichnete Männer geirrt haben, wollen wir jene Thatsachen, die man sonst noch zur Unterstützung der Hemmungstheorie vorgebracht hat, einer eingehenden Betrachtung unterwerfen.

Drei Angaben von sehr verschiedenem Werthe sind es, die man ausser der durch starke Vagus-Reizung verringerten Pulsfrequenz zu Gunsten der Hemmungstheorie gedeutet hat:

1) dass das Herz wieder zu schlagen beginnt, wenn die starke Reizung längere Zeit fortgesetzt wird;

2) dass nach Durchschneidung beider Vagi der Herzschlag häufiger wird;

3) dass constante Ströme, die auf den Vagus einwirken, den Herzschlag häufiger machen.

Es ist thatsächlich richtig, dass ein Herz, welches durch eine hinlänglich starke Vagus-Reizung zum Stillstand gezwungen worden, bei längerer Fortsetzung dieser Reizung wieder zu pulsiren beginnt, ja wenn die Reizung Minuten lang fortgesetzt wird, erreicht der Herzschlag sogar dieselbe Häufigkeit, welche er während der Ruhe, vor Beginn jener starken Reizung besass. Man hat diese Thatsache als eine Folge von Ueberreizung des Vagus gedeutet.

Diese Deutung ist unhaltbar.

So lange es sich um jenes Schlagen handelt, welches einige Secunden nach Beginn der Reizung sich einstellt, ist zu bemerken, dass es bei gleich starker Reizung um so früher wieder beginnt, je frischer der Nerv ist (vgl. Tab. XXIX, S. 90). Eine Ueberreizung, welche die Ermüdung eines Nerven und des von ihm versorgten Muskels bewirkt, müsste aber leichter bei einem bereits ermüdeten als bei einem noch unversehrten Nerven eintreten. Vollends bewiesen wird diese Auffassung dadurch, dass ein Vagus, der anfangs nur mit Wechselströmen gereizt ward, die gerade hinreichten, um Stillstand zu bewirken, wenn nach einigen Secunden das Herz wieder zu schlagen beginnt, nur noch stärker gereizt zu werden braucht, um auf's Neue Stillstand hervorzubringen. So wurde einmal der linke Vagus eines Kaninchens durch Wechselströme gereizt, während 1 Grove'sches Element die inducirenden Ströme hervorrief, bei einem Rollenabstand von $+6^1/_2$ C. M.; in den ersten 5 Secunden der Reizung wurden 6 Schläge gezählt, dann stand das Herz 10 Secunden lang still; darauf begann es wieder zu schlagen, und zwar machte das Herz bei fortdauernder Reizung in dem vierten Zwölftel der Minute 3, in dem fünften Zwölftel 5 Schläge; nun wurden die Rollen bis zu -5 C. M. über einander geschoben, und dadurch von Neuem ein Stillstand von 5 Secunden hervorgebracht. Ein anderes Mal bei einem anderen Kaninchen entstand der erste Stillstand, der 6 Secunden dauerte, bei 0 Rollenabstand, und der zweite von 3 Secunden bei $-8^1/_2$ C. M.;

der Versuch wurde bei demselben Thiere wiederholt: bei 0 Rollenabstand Stillstand von 6, bei — $8^1/_2$ C. M. von 5 Secunden; noch etwas später: bei 0 Stillstand von 5, bei — $8^1/_2$ C. M. von 8 Secunden. Ein drittes Thier gab folgende Resultate: 1 Grove'sches Element, Rollenabstand 0: in den ersten 5 Secunden 8 Herzschläge, dann Stillstand von 7 Secunden, darauf in einer Viertelsminute 14 Schläge, und dann bei — $8^1/_2$ C. M. zweiter Stillstand von 3 Secunden. Etwas später: 2 Grove'sche Elemente, Rollenabstand 0, gleich Stillstand von 8 Secunden, darauf 2 Herzschläge, und als dann die Rollen bis auf — $3^1/_2$ C. M. übereinander geschoben wurden, neuer Stillstand von 20 Secunden; noch etwas später: bei — 6 C. M. sogleich Stillstand von 15 Secunden, dann in einer Viertelsminute 6 Herzschläge, und als darauf die Rollen ganz übereinander geschoben wurden (—$8^1/_2$ C. M.) zweiter Stillstand von 15 Secunden. Es gelingt sogar mit Hülfe des Schlittenapparates, wenn bei fortdauernder Reizung das Herz wieder zu schlagen begann, durch verstärkte Reizung das Herz zum dritten Mal zum Stillstand zu zwingen. Von den zahlreichen Erfahrungen dieser Art, die in unserem Tagebuche verzeichnet sind, mag noch eine hier eine Stelle finden. Linker Vagus eines Kaninchens, 1 Grove'sches Element, Rollenabstand 0 bis — 4 C. M.: in den ersten 10 Secunden der Reizung 10 Herzschläge, dann Stillstand von 4 Secunden, darauf in 26 Secunden 12 Herzschläge; Rollenabstand — 5 C. M.: zweiter Stillstand von 3 Secunden; und als das Herz wieder zu schlagen begann, beim Uebereinanderschieben der Rollen bis zu — $8^1/_2$ C. M.: dritter Stillstand von 6 Secunden.

Hiernach ist es unmöglich den bei starker Reizung wiederbeginnenden Herzschlag von einer durch Ueberreizung bedingten Lähmung des Vagus herzuleiten, denn wenn man die Reizung bedeutend verstärkt, wird das Herz von Neuem zum Stillstand gezwungen, und bei glücklicher Regelung der Verstärkung kann sogar ein dritter Stillstand erzwungen werden. In solchen Fällen besteht zwischen dem ersten und zweiten Stillstand immer ein sehr seltener Herzschlag.

Wenn aber der bei starker Reizung wiederbeginnende Herzschlag nicht durch eine Ueberreizung des Vagus zu erklären ist, worin ist dann die Ursache dieser Thatsache zu suchen?

Darin, dass das Herz ausser dem einen gereizten Vagus noch drei andere Nerven besitzt, deren Einfluss sich in erhöhtem Maasse geltend macht, wenn der eine bis auf einen gewissen Grad ermüdet ist. Bewiesen wird diese Behauptung dadurch, dass man das Herz für eine bei Weitem längere Zeit zum Stillstand zwingen kann, wenn man nicht bloss einen Vagus, sondern möglichst vollständig alle Aeste, mit welchen Vagi und Sympathici das Herz versorgen, der Reizung mit starken Wechselströmen unterwirft. Um dies zu erzielen schnitten wir einem Frosche den Kopf und den untersten Theil der Wirbelsäule mitsammt den Hinterschenkeln weg und brachten die vordere Schnittfläche des verlängerten Markes nebst der hinteren des Rückenmarkes mit den oben (S. 55) beschriebenen unpolarisirbaren Elektroden in Verbindung, um das verlängerte Mark und das Rückenmark zugleich durch starke Wechselströme (1 Daniell'sches Element, Rollenabstand — $8^1/_2$ C. M.) zu reizen. Unter die Herzkammer schoben wir vor Beginn der Reizung ein Wachstaffetplättchen. Bei einem solcher Weise vorbereiteten Thiere stand, als die Reizung begann, das Herz sogleich still und verharrte $4^1/_2$ Minuten in der Diastole. Während die Reizung fortgesetzt wurde, entstand nach $4^1/_2$ Minuten eine erste vollständige Pulsation und eine halbe Minute später, also nachdem 5 Minuten gereizt worden war, die zweite. Bei einem anderen Frosche, der auf ganz gleiche Weise behandelt worden, stand das Herz erst 4 Secunden nach dem Beginn der Reizung still; der Stillstand dauerte 3 Minuten, während die Reizung fortgesetzt ward, und noch 20 Secunden nach der Reizung. Während der Reizung, nachdem dieselbe 1 Minute und 25 Secunden gedauert hatte, waren an einer ganz kleinen Stelle in der Mitte der Vorhöfe sehr schwache Flimmerzuckungen zu sehen. Bei dem letztgenannten Thiere ward die Reizung in gleicher Weise wiederholt; das Herz stand still, wie in dem ersten Versuche, aber schon nach anderthalb Minuten begannen erst die Vorhöfe und etwas später das ganze Herz zu pulsiren: als dann die eine Elektrode der Spitze, die andere der Basis des Herzens angelegt wurde, hörte das Herz von Neuem zu schlagen auf, die Reizung wurde 3 Minuten lang fortgesetzt und der Stillstand überdauerte sie noch um 15 Se-

cunden; während der Reizung waren ganz leise Flimmerzuckungen an dem linken Vorhof zu bemerken.

In zahlreichen Versuchen haben wir mit ähnlichem Erfolg das ganze Herz des Frosches, bald ausgeschnitten, bald in natürlicher Lage gereizt. Wir haben durch solche Reizung das Froschherz bis zu 5 Minuten in der Diastole verharren sehen. In anderen Fällen zeigte das Herzfleisch während der Reizung örtlich unrhyhtmisch flimmernde und wogende Bewegungen, wohl auch Starrkrampf der Kammer, wie ihn Volkmann schon gesehen [1]), und nach der Reizung stand das ganze Herz längere Zeit in der Diastole still. Dieser Versuch ist uns wiederholt in sehr auffallender Weise gelungen, und wir wissen ihn nur zu Gunsten der eigenen Muskelreizbarkeit zu deuten. Bei der Reizung des ganzen Herzens durch starke Wechselströme werden seine Nerven erschöpft, daher fehlt während der Reizung die rhythmische Pulsation und in der ersten Zeit der Reizung jede Bewegung; während der Reizung finden aber idiomusculäre, örtlich beschränkte Zuckungen statt, weil der elektrische Reiz auf die Muskelbündel einwirkt, die weniger leicht als die Nerven ermüdet werden [2]). Daher hören diese Zuckungen auf, wenn die Reizung aufhört, und jetzt wird die Erschöpfung der innervirenden Kräfte des Herzens durch die Diastole deutlich, in welcher das ganze Herz daliegt.

Es kommt also nur darauf an, dass man die durch Ermüdung lähmende Wirkung der Reizung auf alle Herznerven erstreckt, um den Herzpuls völlig aufzuheben, aufzuheben so lange die Reizung dauert. Wenn man aber die Wechselströme auf einen isolirten Nerven oder selbst auf das verlängerte Mark und Rückenmark einwirken lässt, dann ist die Dauer der Ueberreizung und damit die Dauer des Herzstillstandes durch die Dauer der Reizbarkeit der Nerven beschränkt. Reizt man das cerebrospinale Mark des Frosches mit hinlänglich starken Strömen, dann steht das Herz 3 bis 4 Minuten lang in der Diastole still, darauf fängt es aber wieder an zu klopfen, weil das Mark theilweise oder ganz abstirbt und die im Herzen selbst gelegenen

---

[1]) Volkmann, a. a. O. S. 404.

[2]) Schiff, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, Bd. 1, S. 21 u. folg.

Nervengebilde nicht von hinlänglich starken Strömen getroffen werden, um in ihrem Erschöpfungszustande zu verharren. Reizt man nun das Herz direct, dann steht es wieder still, während die Reizung des verlängerten Marks und Rückenmarks entweder gar nicht oder — wenn das Mark nur theilweise getödtet worden — mangelhaft wirksam ist.

Schiff hat den betreffenden Erfolg für die Reizung des Vagus selbst ganz richtig angegeben [1]. Wir haben uns davon durch folgenden Versuch überzeugt: wir reizten eine bestimmte Vagus-Strecke mit starken Wechselströmen, die anfangs Stillstand hervorbrachten, so lange, bis das Herz wieder mit derselben Häufigkeit schlug, die es in der Ruhe besass; dann liessen wir dem Nerven so lange Ruhe, dass er sich hätte erholen müssen, falls jenes wiederhergestellte Schlagen durch Ueberreizung bedingt gewesen wäre. Erneute Anwendung der Wechselströme auf dieselbe Nervenstrecke blieb jedoch wirkungslos. Das Elektrodenplättchen wurde nach der Peripherie vorgeschoben, und nun brachte die Reizung wieder Stillstand hervor. Die zuerst gereizte Nervenstrecke vermochte also offenbar deshalb durch fortgesetzte Reizung den Herzschlag nicht mehr seltener zu machen, weil sie durch die starken Wechselströme abgetödtet worden. Lange fortgesetzte Anwendung der Reizung auf die der Peripherie näher gelegene Strecke hatte denselben Erfolg. In der folgenden Tabelle stellen wir die von uns gefundenen Zahlen zusammen. Es wurde immer ohne Nebenschliessung gereizt, der Nerv war der linke Vagus eines Kaninchens.

Tabelle XXX.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Gegend des Nerven.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 23′					Ruhe	40	81	124	167
2	„ 24′45″	1 Grove	8½ C.M.	6 M. M.	obere	Reizung	Stillstand v. 15 Secund.			
3	„ 25′	„	„	„	„	„	15	34	56	77
4	„ 26′	„	„	„	„	„	21	37	60	82
5	„ 27′					Ruhe				

[1] Vgl. Schiff im VI. Bande dieser Untersuchungen, S. 240 u. folg.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Gegend des Nerven.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
6	11 h 28′	1 Grove	8½ C.M.	6 M. M.	obere	Reizung	Stillstand v. 3 Secund.			
7	„ 28′3″	„	„	„	„	„	8	30	51	72
8	„ 29′3″	„	„	„	„	„	24	48	73	99
9	„ 30′3″					Ruhe				
10	„ 31′	„	„	„	„	Reizung	14	37	63	92
11	„ 32′	„	„	„	„	„	31	57	88	109
12	„ 33′	„	„	„	„	„	30	63	97	136
13	„ 34′	„	„	„	„	„	38	75	111	151
14	„ 35′	„	„	„	„	„	41	81	125	175
15	„ 36′					Ruhe				
16	„ 37′	„	„	„	„	Reizung	43	88	130	174
17	„ 38′					Ruhe				
18	„ 39′					„				
19	„ 40′					„				
20	„ 41′	„	„	„	„	Reizung	42	87	134	182
21	12 h					Ruhe	43	87	135	183
22	„ 1′	„	„	5 M. M.	untere	Reizung	erst 3 Sec. Stillstand,			
						dann	12	26	46	70
23	„ 2′	„	„	„	„	Reizung	11	31	59	86
24	„ 3′	„	„	„	„	„	28	57	86	102
25	„ 4′	„	„	„	„	„	28	58	87	115
26	„ 5′	„	„	„	„	„	28	58	89	117
27	„ 6′	„	„	„	„	„	33	72	112	156
28	„ 7′	„	„	„	„	„	42	89	134	177
29	„ 8′	„	„	„	„	„	45	91	135	179
30	„ 9′					Ruhe				
31	„ 10′					„				
32	„ 11′					„				
33	„ 12′					„				
34	„ 13′					„				
35	„ 14′	„	„	„	„	Reizung	49	99	151	201

Aus den mitgetheilten Thatsachen geht hervor, dass wenn das Herz bei fortdauernder starker Vagus-Reizung wieder zu schlagen beginnt, dies entweder erfolgt, weil ein zu kleiner Theil der Herznerven zu schwach gereizt wird, oder weil die zwischen den Elektroden liegende Nervenstrecke theilweise oder ganz durch die starken Wechselströme abgetödtet worden. Ganz todt ist das betreffende

Nervenstück dann, wenn trotz der starken Reizung das Herz allmälig wieder zu derselben Pulsfrequenz gelangt, die es in der Ruhe besass.

Der Vagus stimmt auch in dieser Beziehung mit dem Sympathicus überein, und es ist darauf um so mehr Gewicht zu legen, da man vielfach einen Gegensatz zwischen der durch den Vagus bedingten Innervation des Herzens und zwischen der vom Sympathicus abhängigen gemacht hat. Wir erinnern deshalb daran, dass Moleschott und Nauwerck bereits Beispiele dafür mitgetheilt haben, dass das Herz der Kaninchen, wenn es durch starke Sympathicus-Reizung zum Stillstand gezwungen worden ist, noch während die Reizung fortdauert wieder zu schlagen beginnt [1]. Wir glauben nicht, dass trotz dem jetzt vorliegenden Material Jemand versucht sein wird, diese Erscheinung aus Ueberreizung eines „Hemmungsnerven" zu erklären; wer es thun wollte, müsste sich, abgesehen von allem Anderen, dazu entschliessen, dem Herzen statt aller motorischen Nerven vier Hemmungsnerven zuzuschreiben.

Die zweite Angabe, welche wir einer Kritik zu unterwerfen haben, ist die, dass die Durchschneidung beider Vagi eine vermehrte Pulsfrequenz zur Folge haben soll. Man erklärt dies aus einer Lähmung der vermeintlichen Hemmungsnerven, da die Trennung solcher Nerven von dem Centralorgan ebenso eine gesteigerte Bewegung hervorrufen müsse, wie die Durchschneidung motorischer Nerven die Uebertragung der Bewegungsimpulse von dem Centralorgan auf die Muskeln aufhebt.

Wir haben es aber bei dem fraglichen Punkte nicht mit der Deutung einer erwiesenen Thatsache zu thun, sondern die Fragestellung gilt der Angabe des Thatbestandes selbst.

Durchschneidung beider Vagi ruft nämlich durchaus nicht mit Nothwendigkeit eine vermehrte Pulsfrequenz hervor.

---

[1] Die betreffenden Beispiele finden sich in der Abhandlung von Moleschott und Nauwerck, in dem vorliegenden Bande dieser Zeitschrift, S. 47, Tabelle VI, No. 79 und No. 81.

Moleschott hat S. 415 in der fünften Tabelle seiner Untersuchungen über den Einfluss der Vagus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags ein Beispiel mitgetheilt, in welchem der Puls nach der Durchschneidung der beiden herumschweifenden Nerven entschieden seltner ward. Vor der Durchschneidung der beiden Nerven schwankte die Pulszahl zwischen 199 und 206, Mittel aus drei Zählungen 202; nach der Durchschneidung schwankte die Pulsfrequenz zwischen 167 und 187, Mittel aus 6 Zählungen 177.

Dieser Befund war für uns der erste Wink, dass es hier zunächst nichts zu deuten, sondern etwas zu untersuchen gab. Wir stellten uns also die Aufgabe, die Häufigkeit des Herzschlags vor Aufsuchung der beiden Vagi, nach der Blosslegung der Nerven und nach ihrer Durchschneidung zu ermitteln. Denn es ist klar, dass die Aufsuchung der Vagi, und mag sie noch so vorsichtig ausgeführt werden, als eine mechanische Reizung anzusehen ist, die, wie wir früher gezeigt haben, je nach dem Grade der Einwirkung die Pulsfrequenz vermehren oder vermindern kann. Um also die Durchschneidung beider Vagi in schlagender Weise für die Beantwortung der Frage, wie die Trennung der beiden herumschweifenden Nerven vom verlängerten Mark auf die Pulsfrequenz einwirkt, benützen zu können, muss man wenigstens dafür sorgen, dass nicht die Reizung, welche das Anlegen der Hautwunde oder das Blosslegen der Nerven mit sich bringt, auf Rechnung der Durchschneidung geschrieben werde.

Am 27. November 1860 wurde ein Kaninchen auf das Vivisectionsbrett gespannt und folgende Zahlen in den einzelnen Akten vor und nach der Operation an demselben gewonnen.

Tabelle XXXI.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Zahlen.
1	11 h 7′		Ruhe	45	91	141	192	195
2	„ 8′		„	46	95	147	199	
3	„ 9′		„	47	97	147	199	
4	„ 10′		„	47	96	146	200	

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Zahlen.
		Blosslegung beider Vagi						
5	11 h 16′			51	104	162	221	
6	„ 17′			56	111	174	234	
7	„ 18′			56	114	176	239	
8	„ 19′			56	116	180	242	
9	„ 20′			59	117	178	241	
10	„ 21′			55	114	174	237	236
11	„ 22′			57	117	178	238	
12	„ 23′			55	115	176	238	
13	„ 24′			56	114	176	237	
14	„ 25′			55	113	175	236	
		Durchschneidung des linken Vagus um 11 h 29′ 15″, des rechten um 11 h 30′ 30″						
15	„ 31½′			50	104	161	219	
		Um 11 h 35′ wurde die Halswunde zugenäht.						
16	„ 38′			52	110	169	229	
17	„ 39′			56	—	172	233	
18	„ 40′			57	117	179	243	
19	„ 41′			59	119	182	247	
20	„ 42′			57	117	178	241	
21	„ 43′			57	115	177	240	240
22	„ 44′			56	115	178	240	
23	„ 45′			57	117	181	243	
24	„ 46′			56	116	177	239	
25	„ 47′			57	117	178	241	
26	12 h 1′			54	112	171	231	
27	„ 2′			55	111	170	230	
28	„ 3′			55	113	175	238	
29	„ 4′			54	112	171	229	
30	„ 5′			53	108	167	226	
31	„ 6′			60	111	171	229	
32	„ 7′			57	110	168	220	237
33	„ 8′			57	110	166	219	
34	„ 9′			56	114	180	239	

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Zahlen.
35	12 h 10′			62	120	187	240	
36	„ 11′			63	118	179	235	
37	„ 12′			60	119	178	240	
38	„ 13′			57	117	176	235	
39	„ 14′			58	116	175	234	
40	„ 22′			55	109	167	223	
41	„ 23′			55	108	164	221	
42	„ 24′			54	108	170	229	
43	„ 25′			56	110	176	236	
44	„ 26′			55	112	175	234	229
45	„ 27′			57	111	173	229	
46	„ 28′			54	110	171	229	
47	„ 29′			54	109	170	230	
48	2 h 47′			43	88	131	176	
49	„ 48′			43	83	135	177	
50	„ 49′			40	78	—	162	
51	„ 54′			45	93	139	185	
52	„ 57′			44	92	148	192	
53	„ 58′			45	92	142	192	
54	„ 59′			40	95	146	197	190
55	3 h			46	96	148	199	
56	„ 1′			47	97	149	201	
57	„ 2′			48	98	149	202	
58	„ 3′			48	96	147	200	
59	„ 4′			47	97	149	203	
60	„ 20′			49	100	153	207	
61	„ 21′			47	99	153	207	
62	„ 22′			50	103	157	212	
63	„ 23′			50	101	156	211	
64	„ 24′			50	102	157	214	
65	„ 25′			52	105	161	215	
66	„ 26′			52	104	158	213	212
67	„ 27′			50	103	158	214	
68	„ 28′			52	106	162	220	
69	„ 29′			47	99	153	207	
70	„ 30′			48	99	152	208	
71	„ 31′			49	103	158	214	

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Zahlen.
72	6 h 35′			47	95	144	189	187
73	„ 36′			45	93	139	184	
74	„ 37′			50	96	143	190	
75	„ 38′			45	92	139	186	
76	„ 39′			46	93	142	188	
77	„ 40′			47	94	140	188	
78	„ 45′			52	102	155	206	197
79	„ 46′			50	99	147	197	
80	„ 47′			48	95	144	194	
81	„ 48′			48	96	145	196	
82	„ 49′			45	103	155	206	
83	„ 50′			47	93	140	193	
84	„ 51′			46	92	140	189	
85	„ 55′			48	92	138	182	177
86	„ 56′			44	88	132	179	
87	„ 57′			44	88	132	177	
88	„ 58′			44	89	132	175	
89	„ 59′			42	84	127	174	
90	7 h			40	81	—	175	
91	9 h 37′			45	89	135	178	170
92	„ 38′			44	87	—	175	
93	„ 39′			43	84	126	178	
94	„ 40′			40	80	122	167	
95	„ 41′			42	83	125	167	
96	„ 42′			42	82	125	167	
97	„ 43′			41	83	125	168	
98	„ 44′			41	83	125	168	
99	„ 45′			40	82	124	166	
100	„ 46′			41	83	127	170	
101	„ 51′			47	93	—	182	
102	„ 52′			46	91	137	182	
103	„ 53′			45	90	136	182	

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Zahlen.
104	10 h			45	89	135	180	
105	„ 1′			45	89	135	180	186
106	„ 2′			45	88	133	177	
107	„ 3′			43	85	129	174	
108	„ 4′			44	87	133	178	
109	„ 5′			46	93	140	190	

Wir verliessen das Laboratorium Abends um halb 11; als wir es den andern Morgen wieder betraten, war das Kaninchen todt. Mit Bestimmtheit lässt sich also nur sagen, dass das Thier die Durchschneidung beider herumschweifender Nerven mindestens 11 Stunden überlebt hat.

Durch die Blosslegung der Vagi nahm die Pulsfrequenz bedeutend zu: im Mittel von 195 auf 236 (vgl. No. 1—4 mit No. 5—14).

Unmittelbar auf die Durchschneidung beider Vagi folgte eine Frequenzverminderung von 236 auf 219 (vgl. No. 14 mit No. 15).

Sieben Minuten später hatte die Frequenz wieder eine Zunahme erlitten: für No. 16 bis 25, also innerhalb der ersten halben Stunde nach der Durchschneidung, war die mittlere Pulsfrequenz 240, also bedeutend höher wie in der Ruhe vor Anlegung der Halswunde und Aufsuchung der Vagi, dagegen kaum höher als die mittlere Frequenz nach dem letztgenannten Akte und vor der Durchschneidung: 236. Auch das Maximum der Frequenz nach der Durchschneidung (247 in No. 19) betrug für die Minute nur 5 Schläge mehr als das Maximum in dem Zeitraum zwischen der Präparation und der Trennung der Nerven (242).

In der dritten Viertelstunde	nach der	Durchschneidung	war die	mittlere	Frequenz	237
„ „ vierten „	„ „	„	„ „	„	„	229
Drei Stunden	„ „	„	„ „	„	„	190
Vier „	„ „	„	„ „	„	„	212
Sieben „	„ „	„	„ „	„	„	187
$7^1/_4$ „	„ „	„	„ „	„	„	197
$7^1/_2$ „	„ „	„	„ „	„	„	177
Zehn „	„ „	„	„ „	„	„	170
$10^1/_2$ „	„ „	„	„ „	„	„	186.

Demnach sank die Pulsfrequenz schon vor Ende der ersten Stunde nach Durchschneidung der Nerven unter die Frequenz, welche die Anlegung der Wunde und das Aufsuchen der Nerven verursacht hatten. Die Häufigkeit des Pulses sank mit Schwankungen fort und fort, so zwar, dass die mittlere Frequenz, wie sie nach dem blossen Aufsuchen der Nerven bestand, nie mehr erreicht ward.

Vor der Präparation der Nerven, in der Ruhe, war die Pulsfrequenz 195; unter den 7 Mittelzahlen, die mehr als 1 Stunde nach der Durchschneidung gefunden wurden, liegen 5 niedriger, 1 ziemlich gleich hoch und nur 1 über der mittleren Häufigkeit des Pulses, wie sie in der Ruhe bestand.

Am 11. März 1861 wurde an einem grossen Kaninchen ein ähnlicher Versuch angestellt. Nur wurde bei der Zählung der Zeitraum zwischen Anlegung der Halswunde und Aufsuchung der Nerven von dem zwischen Aufsuchung und Durchschneidung der Nerven getrennt.

Tabelle XXXII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Zahlen.
	11 h 16′	Anlegung der Halswunde					
1	„ 17′		56	111	169	217	207
2	„ 18′		49	97	147	198	
		Linker Vagus in grosser Ausdehnung blossgelegt					
3	„ 25′		49	96	147	199	197
4	„ 26′		51	98	146	195	
		Ein grosses Stück des linken Vagus ausgeschnitten					
5	„ 29′		45	90	134	182	180
6	„ 30′		43	86	133	179	
7	„ 31′		43	86	132	178	
8	„ 32′		44	88	136	182	
9	„ 33′		44	89	136	180	
10	„ 46′		50	100	150	200	201
11	„ 47′		51	101	152	203	

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Zahlen.
12	11 h 50′	Rechter Vagus in grosser Ausdehnung blossgelegt	50	94	145	194	
13	„ 52′	Ein grosses Stück des rechten Vagus ausgeschnitten	49	96	136	194	
14	„ 53′		47	93	142	189	191
15	„ 54′		46	92	141	189	
16	12 h 6′	Zunähen der Hautwunde	50	103	156	206	
17	„ 32′		58	114	169	223	218
18	„ 33′		56	112	167	224	

In dieser Beobachtungsreihe bewirkte das Aufsuchen des Vagus keine Vermehrung derjenigen Frequenz, die nach dem Anlegen der Halswunde bestand (vgl. No. 1 und 2 mit No. 3). Nach der Präparation des rechten Vagus war der Puls sogar um 9 Schläge seltener, als er vor dieser Operation gewesen (No. 12). Unmittelbar nach Ausschneidung eines grossen Stücks des linken Vagus war die Pulszahl um 13 Schläge kleiner als vorher, und sie blieb geringer bis in die siebente Minute nach der Trennung des Vagus. Zwanzig Minuten nach Ausschneidung des Nervenstücks hatte der Puls wieder an Häufigkeit zugenommen, aber er war nur wenig häufiger, als er unmittelbar vor dem Ausschneiden gewesen war (vgl. No. 3 und 4 mit No. 10 und 11). In den ersten Minuten, nachdem auch ein Stück des rechten Vagus ausgeschnitten worden, zeigte die Pulsfrequenz wieder eine Tendenz zur Abnahme (vgl. No. 13—15 mit No. 12). Erst 42 Minuten nach der Ausschneidung war die Pulsfrequenz bedeutend stärker geworden, obwohl nur 6—7 Schläge mehr als gleich nach dem Anlegen der Halswunde gezählt wurden.

Es liegt auf der Hand, dass diese Frequenzvermehrung für die Hemmungstheorie nichts beweisen kann. Wäre die vermehrte Frequenz nach Durchschneidung der Vagi durch die Lähmung von Hemmungs-

nerven zu erklären, so müsste der Puls gleich nachdem die Nerven getrennt worden mit Entschiedenheit an Frequenz zunehmen.

Um das peripherische Ende des Vagus nicht zweimal durch die Durchschneidung zu reizen, wurde in diesem wie im folgenden Versuch der Nerv erst unten und dann oben am Halse durchschnitten.

Das Kaninchen, von welchem die Tabelle XXXII berichtet, bekam eine Stunde nachdem die Halswunde geschlossen worden, Kohlblätter vorgesetzt; das Thier frass davon und als wir eine Stunde später wieder in's Laboratorium kamen, fanden wir das Thier, das, als wir es verliessen, sehr munter war, an einem Bissen erstickt.

Am 12. März wurde ein grosses graues Kaninchen auf gleiche Weise, wie das zuletzt erwähnte behandelt, nur dass es nach der Operation nichts zu fressen bekam. Es überlebte die Durchschneidung beider Vagi um mehr als 31 Stunden und lieferte folgende Zahlen.

Tabelle XXXIII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Werthe.
	12. März						
	11 h 4′	Anlegung der Hautwunde					
1	„ 5′		52	106	163	220	
2	„ 6′		54	—	—	219	218
3	„ 7′		52	106	163	217	
		Blosslegung des linken Vagus					
4	„ 12′		44	90	143	190	
5	„ 13′		46	92	143	192	193
6	„ 14′		47	93	145	195	
		Ausschneidung eines 4 C. M. langen Stücks des linken Vagus					
7	„ 17′		47	93	142	193	192
8	„ 18′		46	92	140	190	
9	„ 30′		54	110	166	222	213
10	„ 40′		53	106	155	203	
		Ausschneidung eines 4—5 C. M. langen Stücks des rechten Vagus					

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Werthe.
11	11 h 46′		29	55	78	101	
12	„ 47′		22	45	81	104	
13	„ 48′	Zunähen der Wunde	24	48	73	100	103
14	„ 49′		31	60	84	108	
15	„ 50′		25	49	75	101	
16	12 h 3′		49	99	147	203	
17	„ 12′		55	110	162	212	
18	„ 13′		52	100	149	196	
19	„ 14′		51	103	153	204	206
20	„ 15′		52	104	158	208	
21	„ 16′		51	105	158	208	
22	„ 17′		53	106	158	210	
23	5 h 15′		62	125	185	243	
24	„ 21′		64	132	200	265	
25	„ 22′		66	136	210	282	
26	„ 27′		60	122	186	252	
27	„ 28′		64	129	196	268	
28	„ 32′		65	136	207	280	
29	„ 37′		73	147	220	295	
30	„ 45′		65	140	210	283	284
31	„ 46′		68	140	215	285	
32	„ 47′		70	145	220	292	
33	„ 48′		73	146	223	295	
34	„ 50′		68	140	216	290	
35	„ 55′		69	—	218	293	
36	6 h 5′		74	150	235	313	
37	„ 6′		76	154	229	306	
38	„ 7′		73	148	226	305	
	13. März						
39	9 h 42′		56	113	172	232	
40	„ 43′		58	117	178	239	
41	„ 44′		57	117	179	240	242
42	„ 45′		59	120	183	246	
43	„ 46′		59	122	189	251	
44	12 h 42′		49	98	145	194	
45	„ 43′		45	92	140	192	
46	„ 44′		46	92	142	190	192

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Werthe.
47	12 h 45′		46	92	140	190	
48	„ 46′		46	93	143	192	
49	4 h 1′		50	98	148	200	
50	„ 2′		50	100	150	202	
51	„ 3′		50	100	150	204	
52	„ 4′		49	98	145	197	200
53	„ 5′		49	98	144	196	
54	„ 6′		50	100	150	200	
55	6 h 10′		50	99	148	198	
56	„ 11′		49	99	149	199	
57	„ 12′		48	96	146	195	
58	„ 13′		48	96	145	193	194
59	„ 15′		50	100	148	198	
60	„ 16′		48	97	144	192	
61	„ 18′		50	98	145	194	

Um die Vergleichung zu erleichtern, stellen wir die mittleren Pulszahlen für die verschiedenen Stadien vor und nach den betreffenden Eingriffen hierunten zusammen:

gleich nach Anlegung der Hautwunde 218
nach Blosslegung des linken Vagus 193
kurz nach Ausschneidung eines 4 C. M. langen Stücks des linken Vagus 192
eine Viertelstunde „ „ „ „ „ „ „ „ „ 213
kurz „ „ „ 4—5 C. M. „ „ „ rechten „ 103!
eine Viertelstunde „ „ „ „ „ „ „ „ „ 206
$5\frac{1}{2}$ Stunden „ „ „ „ „ „ „ „ „ 284
22 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ 242
25 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ 192
$28\frac{1}{2}$ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ 200
$30\frac{1}{2}$ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ 194.

Wie man sieht, sank gleich nach Ausschneidung eines grossen Stückes von beiden Nerven die Pulsfrequenz auf weniger als die Hälfte der Pulszahl, welche vor der Durchschneidung des zweiten Vagus beobachtet wurde. Einige Stunden nach dieser Operation hatte

allerdings die Häufigkeit des Pulses bedeutend zugenommen; aber um die 25ste Stunde nach der Durchschneidung sank die Frequenz wieder unter diejenige, welche gleich nach Anlegung der Hautwunde, vor der Aufsuchung des ersten Vagus, vorhanden war.

Nach unseren Untersuchungen wäre also das Ergebniss der Durchschneidung beider Vagi für die Pulsfrequenz in folgender Weise zu formuliren: *unmittelbar nachdem beide Vagi durchschnitten worden sind, wird der Puls in den meisten Fällen seltener; unter 5 von uns genau beobachteten Fällen gab es nur einen* [1], *in welchem das Herz gleich nach Durchschneidung beider Vagi häufiger schlug, und die Frequenzvermehrung war keine bedeutende:*

mittlere Frequenz vor der Durchschneidung in der Ruhe **163**
„ „ nach „ „ „ „ „ **174.**

Einige Zeit ($^1/_2$ *bis mehre Stunden) nach der Durchschneidung kann die Frequenz bedeutend zunehmen, diese Zunahme ist jedoch nicht beständig und in einer noch späteren Zeit haben wir immer eine geringere Pulsfrequenz beobachtet, als nach dem Anlegen der Hautwunde bestand.*

Seitdem durch andere Untersuchungen der Beweis geliefert worden, dass die Vagi motorische Nerven des Herzens sind, ist die Erklärung dieser Thatsachen ganz einfach. Bei der Durchschneidung werden die Vagi mehr oder weniger gereizt, und es muss von dem Grade dieser Reizung abhängen, ob sie eine vermehrte oder verminderte Pulsfrequenz hervorbringt. Letztere tritt ein, wenn die Durchschneidung die Vagi überreizt, was nach unseren Erfahrungen am leichtesten geschieht. Die später häufig vorkommende Frequenzvermehrung ist die Folge einer variablen Entzündungsreizung, die, wenn etwa ein Exsudat gelinde auf die Vagi drückt, eine Steigerung der Pulsfrequenz in directer Weise hervorbringen muss, ähnlich wie dies auf indirecte Weise durch beliebige Wundreize geschehen kann. In der letzten Zeit vor dem Tode wird der Puls beständig wieder seltner, was wohl zum Theil aus einer Ueberreizung der Vagi, zum Theil aus einer allgemeinen Schwächung zu erklären ist.

---

[1]) Vgl. Moleschott, a. a. O. S. 413, Tabelle IV, No. 12—15.

Wir haben uns nicht etwa verhehlt, dass man mit den von uns geschilderten Erscheinungen, welche auf die Durchschneidung der Vagi folgen, wiewohl auf etwas gekünsteltem Wege, auch falls die Hemmungstheorie bewiesen wäre, fertig werden könnte; da aber die Hemmungstheorie aus allen anderen Gründen unhaltbar ist, hiesse es den Thatsachen Gewalt anthun, wenn man auf die a priori denkbare Zweideutigkeit der Thatsachen Gewicht legen wollte. Eine Erscheinung, die als ein zwingender Grund für die Hemmungstheorie aufgefasst werden müsste, ist nach Durchschneidung der herumschweifenden Nerven überall nicht vorhanden.

Bleibt uns noch übrig, die Wirkung constanter Ströme auf den Vagus zu erörtern. Es ist bekannt, dass man in der Physiologie, ehe Pflüger seine Untersuchungen über den Elektrotonus angestellt hatte, den constanten elektrischen Strömen eine lähmende Einwirkung auf die Nerven zugeschrieben hat. Nun giebt es eine Art, den Vagus der Einwirkung constanter Ströme auszusetzen, wobei der Herzschlag häufiger wird; da der constante Strom ein lähmender Factor sein sollte, so sah man in dieser Wirkung einen Beleg für die Hemmungstheorie: wenn ein Hemmungsnerv von einem constanten Strom durchflossen wird — so schloss man — dann wird er gelähmt, und wenn der Hemmungsnerv des Herzens gelähmt wird, beginnt das Herz häufiger zu schlagen.

Seitdem Pflüger uns mit den Erscheinungen des Katelektrotonus und Anelektrotonus bekannt gemacht hat, kann von jener einfachen Deutung nicht mehr die Rede sein. Es fragt sich vor Allem, wie die Wirkung des constanten Stromes abhängig ist von der Richtung, in welcher er durch den Vagus geschickt wird. Auf diese Frage geben die folgenden Tabellen Antwort, die an Kaninchen gewonnen wurden.

Tabelle XXXIV bezieht sich auf ein Kaninchen, dem der linke Vagus blossgelegt und hoch oben am Halse durchschnitten worden. Bei der Operation ging kein Blut verloren. Der peripherische Theil

des Nervenstamms lag auf unpolarisirbaren Elektroden, wie sie oben (S. 55) beschrieben worden. Eine Nebenschliessung wurde nirgends angewandt.

Tabelle XXXIV.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Richtung des Stromes.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 16′				Ruhe	55	114	180	242
2	„ 17′				„	62	123	186	242
3	„ 18′	1 Daniell	aufsteigend	8 M. M.	Reizung	57	117	173	228
4	„ 19′				Ruhe	56	115	175	232
5	„ 20′				„	60	120	180	241
6	„ 21′	„	absteigend	„	Reizung	66	133	197	265
7	„ 22′				Ruhe	52	115	176	237
8	„ 23′				„	60	124	184	240
9	„ 26′				„	50	111	168	222
10	„ 27′	1 Grove	aufsteigend	„	Reizung	54	110	166	220
11	„ 28′	„	„	„	„	54	103	157	209
12	„ 29′				Ruhe	54	110	168	224
13	„ 30′	„	absteigend	„	Reizung	59	119	179	240
14	„ 31′				Ruhe	58	116	174	232
15	„ 32′	2 Grove	„	„	Reizung	56	120	182	242
16	„ 33′	„	„	„	„	58	122	183	246
17	„ 34′				Ruhe	56	116	185	243
18	„ 35′				„	56	116	176	238
19	„ 36′	„	aufsteigend	„	Reizung	56	112	172	226
20	„ 37′				Ruhe	56	120	180	242
21	„ 38′	„	„	„	Reizung	54	113	170	226
22	„ 39′				Ruhe	58	120	180	242
23	„ 41′				„	54	105	174	232
24	„ 42′				„	55	111	174	230
25	„ 43′	„	absteigend	„	Reizung	60	124	189	252
26	„ 44′				Ruhe	56	119	179	241
27	„ 45′	„	„	„	Reizung	64	131	197	260
28	„ 46′				Ruhe	60	115	174	236
29	„ 47′	„	„	„	Reizung	62	126	186	250
30	„ 48′				Ruhe	60	116	173	232

Diese Tabelle zeigt, dass die absteigende Stromesrichtung die Frequenz des Herzschlags vermehrt, dass die aufsteigende Stromesrichtung sie dagegen vermindert. Die grösste Frequenzzunahme,

welche der absteigend durch den Vagus geschickte constante Strom hervorrief, betrug 24 Schläge in der Minute (von 241 auf 265 in No. 6); die grösste Frequenzverminderung durch den aufsteigenden Strom 16 Schläge in der Minute (von 242 auf 226 in No. 21). In No. 10 war die frequenzvermindernde Wirkung des aufsteigenden Stromes in der ersten Minute nicht deutlich, sie wurde es aber in der zweiten (No. 11), in welcher die Pulszahl gegen die letzte Ruheminute um 13 sank, und als die nächste Minute darauf der Stromkreis geöffnet war, stieg die Frequenz gleich wieder um 15 Schläge.

An demselben Thiere wurde noch der rechte Vagus auf gleiche Weise behandelt, d. h. der Nerv hoch am Halse durchschnitten und der peripherische Theil des Stammes auf die unpolarisirbaren Elektroden gebracht.

Tabelle XXXV.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Richtung des Stromes.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12 h 5′				Ruhe	58	114	170	226
2	„ 6′	1 Grove	absteigend	8 M. M.	Reizung	58	117	177	239
3	„ 7′				Ruhe	57	115	172	228
4	„ 8′	2 Grove	aufsteigend	„	Reizung	53	107	164	220
5	„ 9′				Ruhe	53	110	169	227
6	„ 10′	„	absteigend	„	Reizung	54	114	177	238
7	„ 11′				Ruhe	56	115	176	230
8	„ 12′				„	53	110	174	230
9	„ 13′	„	aufsteigend	„	Reizung	54	109	165	219
10	„ 14′				Ruhe	52	107	164	215
11	„ 15′				„	55	111	168	220
12	„ 16′	„	absteigend	„	Reizung	58	119	184	249
13	„ 17′				Ruhe	55	112	170	228
14	„ 18′				„	53	107	165	222
15	„ 19′	„	aufsteigend	„	Reizung	53	108	168	220
16	„ 20′				Ruhe	54	108	163	220
17	„ 21′				„	50	103	161	209
18	„ 22′	„	„	„	Reizung	53	108	160	205
19	„ 23′				Ruhe	50	105	164	220
20	„ 24′				„	54	108	164	220
21	„ 25′	„	absteigend	„	Reizung	54	111	170	229
22	„ 26′	„	„	„	„	58	114	172	230

Die nächstfolgende Tabelle bezieht sich auf ein anderes Kaninchen, dessen linker Vagus frei präparirt und hoch oben durchschnitten war. Auch hier wurde der peripherische Theil des Nervenstamms über die unpolarisirbaren Elektroden gebrückt.

Tabelle XXXVI.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Richtung des Stroms.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 15′				Ruhe	52	101	151	203
2	„ 16′	1 Daniell	aufsteigend	8 M. M.	Reizung	49	97	145	194
3	„ 17′				Ruhe	50	99	150	202
4	„ 18′	„	absteigend	„	Reizung	53	108	166	226
5	„ 19′				Ruhe	52	104	157	202
6	„ 20′	1 Grove	aufsteigend	„	Reizung	52	99	149	190
7	„ 21′				Ruhe	—	100	152	196
8	„ 22′	„	absteigend	„	Reizung	55	114	173	234
9	„ 23′				Ruhe	57	112	170	227
10	„ 24′				„	52	104	159	210
11	„ 25′	2 Grove	aufsteigend	„	Reizung	52	101	152	203
12	„ 26′	„	„	„	„	48	96	146	193
13	„ 27′				Ruhe	51	110	168	218
14	„ 28′				„	53	107	161	216
15	„ 29′	„	absteigend	„	Reizung	55	110	170	228
16	„ 30′	„	„	„	„	58	117	180	242
17	„ 31′				Ruhe	58	117	174	232
18	„ 32′				„	53	108	166	224
19	„ 33′				„	55	110	165	220
20	„ 34′	„	aufsteigend	„	Reizung	55	110	165	221
21	„ 35′	„	„	„	„	53	106	152	212
22	„ 36′	„	„	„	„	50	100	153	196
23	„ 37′	„	„	„	„	49	98	150	204
24	„ 38′				Ruhe	51	108	162	224
25	„ 39′				„	56	113	172	230
26	„ 40′				„	56	112	173	230
27	„ 41′	„	absteigend	„	Reizung	62	124	188	252
28	„ 42′	„	„	„	„	64	128	193	260
29	„ 43′	„	„	„	„	60	122	184	250
30	„ 44′	„	aufsteigend	„	„	58	109	159	210
31	„ 45′				Ruhe	58	108	164	220
32	„ 46′	„	absteigend	„	Reizung	61	120	182	246
33	„ 47′				Ruhe	57	114	175	236
34	„ 48′				„	57	114	174	235

Aus dieser Tabelle leuchtet die Gesetzmässigkeit des Einflusses, den die Stromesrichtung ausübt, noch deutlicher hervor als aus den beiden vorigen, so dass wir es uns füglich erlassen dürfen noch weiteres bestätigendes Material aus unserem Tagebuche mitzutheilen. In No. 8 steigert der absteigende Strom die Pulsfrequenz um 38 Schläge in der Minute. In No. 20 bis 23 sehen wir, dass der aufsteigende Strom seine Wirkung bei längerer Dauer deutlich entfalten kann, ohne dass diese Wirkung gleich in der ersten Minute zur Beobachtung zu kommen braucht; aber in No. 22 hat er im Vergleich zur letzten Ruheminute eine Frequenzverminderung bis um 24 Schläge in der Minute hervorgebracht. Interessant ist die Zahlenreihe von No. 26 bis No. 31:

No. 26 in der Ruhe:	Pulszahl für die Minute	230,
„ 27—29 Einwirkung des absteigenden Stroms	„ „ „ „	250—260,
„ 30 Einwirkung des aufsteigenden Stroms	„ „ „ „	210,
„ 31 in der Ruhe	„ „ „ „	220.

Aus diesen Versuchsreihen ergiebt sich also, dass constante Ströme, die auf den vom Hirn getrennten Vagus einwirken, wenn sie absteigend gerichtet sind den Herzschlag häufiger machen, wenn sie aufsteigend gerichtet sind die Pulsfrequenz vermindern.

Hiernach waren wir begierig zu sehen, wie die constanten Ströme auf den unversehrten, d. h. auf den sowohl mit dem verlängerten Mark wie mit dem Herzen zusammenhängenden Vagus wirken würden. Es wurde daher ein Platinelektrodenplättchen unter den rechten Vagus eines Kaninchens gebracht, und die in Tabelle XXXVII verzeichneten Zahlen gefunden.

Tabelle XXXVII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Richtung des Stromes.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12 h 2′			Ruhe	50	102	156	210
2	„ 3′			„	50	100	152	205
3	„ 4′	1 Daniell	absteigend	Reizung	54	112	173	232
4	„ 5′			Ruhe	55	110	171	224
5	„ 6′	„	aufsteigend	Reizung	53	107	165	220
6	„ 7′			Ruhe	55	112	169	225
7	„ 8′	„	„	Reizung	53	107	161	214
8	„ 9′			Ruhe	54	108	164	222
9	„ 10′	„	absteigend	Reizung	56	111	167	220
10	„ 11′	„	„	„	55	110	166	222
11	„ 12′			Ruhe	52	106	163	218
12	„ 13′	1 Grove	aufsteigend	Reizung	52	106	161	212
13	„ 14′			Ruhe	53	108	163	220
14	„ 15′	„	absteigend	Reizung	56	116	175	236
15	„ 16′			Ruhe	54	112	170	227
16	„ 17′	2 Grove	„	Reizung	58	120	179	240
17	„ 18′			Ruhe	52	101	159	220

Augenscheinlich war der Erfolg derselbe wie in den früheren Versuchsreihen, bei welchen der Vagus vom Hirn getrennt war. In No. 9 und 10 scheint zwar der absteigende Strom seine Wirkung zu versagen, allein, wie die deutlichen Erfolge in No. 14 und No. 16 lehren, nur weil er zu schwach war; als das Daniell'sche Element mit 1 oder 2 Grove'schen Elementen vertauscht ward, trat die frequenzvermehrende Wirkung des absteigenden Stromes sogleich wieder hervor. Frühere Versuche hatten uns schon darüber belehrt, dass man nur schwankende Resultate erhält, wenn man den Strom eines Daniell'schen Elementes durch Nebenschliessung schwächt.

Gemeinsam ist allen Versuchsreihen, in welchen der constante Strom angewendet wurde, dass die frequenzvermehrende Wirkung des absteigenden Stromes die frequenzvermindernde des aufsteigenden übertrifft.

Mag man aber den vom Hirn getrennten oder den unversehrten Vagus der Einwirkung constanter Ströme aussetzen, immer bringt,

wenn nur die Ströme nicht zu schwach genommen werden, die absteigende Stromesrichtung ein Häufigerwerden, die aufsteigende ein Seltnerwerden des Herzschlags hervor.

Bedenkt man nun, dass, wie Pflüger bewiesen hat, Reize, welche auf der Seite der Kathode, in dem Gebiete der katelektrotonischen Strecke eines Nerven, thätig sind, an Wirksamkeit gewinnen, solche dagegen, die auf der Seite der Anode, in dem Gebiete der anelektrotonischen Strecke einen Nerven angreifen, an Wirksamkeit verlieren, so erklärt sich die frequenzvermehrende Wirkung des absteigenden und die frequenzvermindernde des aufsteigenden Stromes ganz einfach aus der schon oft gemachten Annahme, dass der eigentliche Angriffsort für die periodisch wiederkehrende Reizung des Vagus an der Peripherie, d. h. im Herzen selbst zu suchen sei.

Keinenfalls kann fürderhin schlechtweg von einer lähmenden Wirkung der constanten Ströme auf den Vagus die Rede sein, und der bedingte Sinn, in welchem der constante Strom eine solche Lähmung bewirken kann, sichert dem Vagus vollends seinen Platz in der Gruppe der motorischen Nerven. Wie in jedem anderen motorischen Nerven, so ruft der constante Strom auch im Vagus auf Seiten der Kathode vermehrte, auf Seiten der Anode verminderte Reizbarkeit hervor: wenn also die Reize an der Peripherie des Vagus, im Herzen — gleichviel auf welche Weise — einwirken, dann muss der absteigende Strom den Herzschlag häufiger, der aufsteigende dagegen ihn seltner machen.

Die Annahme, dass der constante Strom die Fortpflanzung von Reizen, die im Hirn geboren würden, bis zum Herzen unmöglich machen und dadurch im Sinne der Hemmungstheorie lähmend, d. h. frequenzvermehrend wirken sollte, hat durch unsere Untersuchungen allen Halt verloren. Nach jener Annahme dürfte die Frequenzvermehrung nicht eintreten, wenn der vom Hirn getrennte Vagus mit constanten Strömen behandelt wird, und doch geschieht dies jedesmal, wenn hinlänglich starke Ströme in absteigender Richtung den Nerven durchfliessen.

Nachdem wir im Obigen die wesentlichen Einwürfe, welche gegen die Auffassung des Vagus als eines motorischen Nerven gemacht worden sind, theils entkräftet, theils in Argumente, welche zu Gunsten dieser Auffassung sprechen, verwandelt haben, fassen wir die Lehre von der Innervation des Herzmuskels in folgende Worte zusammen:

Das Herz ist ein Organ, welches von vier sehr reizbaren und verhältnissmässig leicht zu überreizenden motorischen Nerven versorgt wird, den beiden herumschweifenden und den beiden sympathischen Nerven; diese vier Nerven stehen in einem eigenthümlichen Consensus, welcher ohne Zweifel durch die Ganglien des Herzens vermittelt wird, so dass die Zustände der Reizung oder Ueberreizung, in welche einer der betreffenden Nerven versetzt wird, sich den drei anderen mittheilen; es ist aber nicht möglich durch Ueberreizung eines einzigen der vier in Rede stehenden Nerven die drei anderen dauernd zu erschöpfen, da Reize, welche hierzu stark genug wären, sehr bald die gereizte Strecke des einen Nerven tödten und damit ihre durch diese Nervenstrecke vermittelte Einwirkung auf die drei anderen einbüssen würden.

Zürich, 29. April 1861.

A 263.

Budge courant cutané de la grenouille

Bezold courant constant empêchant la propagation de l'excitation dans le nerf. (deux mémoires) sur l'oscillation négative

Reissner - Structure de la moëlle épinière.

Nessel - sur la thérapeutique

Dubois Reymond Arrangement de l'exp.[ce] de Stenson. ligature des vaisseaux du train post.[r]

id - phénomènes de résistance des corps poreux

id - théorie de l'aiguille astatique.

Wagner morphologie et philosophie du cerveau

L. Mayer les gaz du sang

id - action de l'oxyde carbone sur le sang.

Du Bois Reymond sur la contraction unipolaire

H. Müller - Influence du sympathique sur qq muscles.

Moleschott excitation du vague sur les mouv.[ts] du cœur (2 mémoires) oscillation négative -

Bence Jones Sucre dans l'urine

Rauch Influence de l'acide lactique sur l'endocarde

Hunt système nerveux

Broudgeest - sur le (?) artériel